



**XI межрегиональная  
научно-практическая конференция**

**«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВУЗОВ  
– НАУКА, КАДРЫ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**г. Волжский, 28 апреля 2015 г.**

**Сборник докладов конференции**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
АДМИНИСТРАЦИЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ  
АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА – Г. ВОЛЖСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-  
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЛГОГРАДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**XI межрегиональная**

**научно-практическая конференция**

**«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВУЗОВ  
– НАУКА, КАДРЫ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

г. Волжский, 28 апреля 2015 г.

**Сборник  
докладов конференции**



Волгоград  
2015

ББК С+Ж/О

### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

Лысак В.И., член-корр. РАН, д.т.н., профессор, ректор ВолгГТУ, председатель оргкомитета конференции

Навроцкий А.В., д.х.н., профессор, первый проректор ВолгГТУ, сопредседатель оргкомитета конференции

Каблов В.Ф., д.т.н., профессор, директор ВПИ (филиал) ВолгГТУ, сопредседатель оргкомитета конференции

### **ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА**

Благинин С.И., нач. НИС ВПИ (филиал) ВолгГТУ, ученый секретарь оргкомитета

Бутов Г.М., д.х.н., проф., зам. директора по научной работе ВПИ (филиал) ВолгГТУ, ответственный за проведение конференции

Генералов С.А., генеральный директор ООО «Научно-техническая корпорация»

Глухов В.Н., президент Волжской торгово-промышленной палаты

Дахно А.В., директор ВНТК (филиал) ВолгГТУ

Копецкий А.А., исполнительный директор УК ЕПК (ОАО «Волжский подшипниковый завод»)

Костров С.В., генеральный директор ОАО «Волжский абразивный завод»

Логойдо Е.Г., зам. главы администрации городского округа – г. Волжский

Медведева Л.Н., д.э.н., финансовый директор ЗАО «Волгоградский завод оросительной техники и ЖКХ»

Седов М.П., генеральный директор ОАО «Волжский завод асбестовых технических изделий»

Старовойтов М.К., д.э.н., профессор, президент ЗАО «Волгоградский завод оросительной техники и ЖКХ»

Тажибов А.А., начальник отдела науки и инновационной политики министерства экономики, внешнеэкономических связей и инвестиций Волгоградской области

Издается по решению редакционно-издательского совета Волгоградского государственного технического университета

XI межрегиональная научно-практическая конференция «Взаимодействие предприятий и вузов – наука, кадры, новые технологии», г. Волжский, 28 апреля 2015 г: тезисы докладов. [Электронный ресурс]: Электрон. текстовые дан. (1 файл: 11,8 Мб) – Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2015 г. – Систем. требования: Windows 95 и выше; ПК с процессором 486+; CD-ROM.

Тезисы докладов XI межрегиональной научно-практической конференции освещают актуальные проблемы в области образования, техники, химии и экономики.

Сборник предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей вузов и инженеров, интересующихся указанными выше направлениями науки и техники.

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2015

© Волжский политехнический институт, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
<b>ТЕХНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТРАНСПОРТ</b>	
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	
Б.Г. Севастьянов. ....	9
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОДУЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
В. Н. Тышкевич, А. В. Саразов, В. Г. Цыганков.....	11
МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНТЕРФЕЙСА ПУЛЬТА ОПЕРАТОРА АГРЕГАТА ДЛЯ ГУММИРОВАНИЯ ВАЛОВ ТИПА АГВ2500-2300	
С.А. Браганец, А.Г. Бурцев, В.И. Капля, А.В. Савчиц, А.М. Просвилов.....	13
АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО СБОРА ДАННЫХ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32	
Бурцев А.Г. ....	15
«ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОАО «ВОЛЖСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»	
Е.А. Дума, Г.А. Тиханкин.....	16
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ	
Капля В.И., Бурцев А.Г., Андросов С.С., Куницын Р.С. ....	19
ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЕЧИ ПЛАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ	
Корзин В.В., Голубин О.С.....	20
СТРУЙНАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ	
Корзин В.В., Гладких П.П.....	21
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВИБРОУСКОРЕНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОБУСОВ ВОЛЖАНИН	
Никитин В.В., Жидков А.В., Чернова Г.А.....	21
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ С НАЧАЛЬНЫМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ ТОРЦОВ	
В. А. Носенко, В. Н. Тышкевич, С. В. Орлов, А. В. Саразов .....	24
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ	
Поляничкин Н.М., Чернова Г.А.....	31
ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ НИВЕЛИРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МОНТАЖА И НАСТРОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
С.П. Лариков, С.Н. Павлов, А.А. Самсонов, В. Н. Тышкевич.....	35
КАК СОЗДАТЬ ХОРОШИЙ ДВИГАТЕЛЬ	
В. В. Староверов, Л. В. Староверова .....	40
МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЗОНЫ МУП А/К 1732 С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ, ОБОРУДОВАННЫХ ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ	
Бобрик Н.С, Сухов А.А. ....	43
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ПОЛОГО ВАЛА СБОРОЧНОГО СТАНКА СППР–1300 С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЕННЫХ	

ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ И ППД	
Санинский В. А., Осадченко Е. Н., Карабицкий Н. А. ....	49
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗКИ НА ПРОБЕГ ШИН В ВОЛЖСКОЙ АВТОКОЛОННЕ 1732	
Новиков Е.А, Кулько П.А.....	56
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЧ- ВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ	
И.Х. Ижбердеев, Э.П. Страт, В.Н. Тышкевич, А.В. Саразов. ....	57
ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ БЕЗЫЗНОСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ В МУП ВАК 1732	
Ю.К. Оганян, П.А. Кулько, А.П.Кулько.....	62
ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБКАТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОБУСОВ НА ООО «ВОЛГАБАС»	
И.А. Шавлейко, П.А. Кулько, А.П.Кулько.....	64
ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ г.ВОЛЖСКОГО ПО МАРШРУТАМ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОР- ТА	
А.А. Страхов, М.В. Великанова .....	67
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА С ОБОС- НОВАНИЕМ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА	
Санинский В.А., Болатаева Г.Б. ....	69
ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОБСАДНОЙ МУФТЫ В УСЛО- ВИЯХ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Санинский В. А., Давыдов А. В. ....	75
РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПОПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА И УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ООО «ХИМЗАЩИТА-ПРОМО»	
Г.А. Тиханкин, А.В. Грошев.....	78
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ АРМИРОВАН- НЫХ ПЛАСТИКОВ	
В. П. Багмутов, В. Н. Тышкевич, В. Б. Светличная.....	81
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ	
Р.А. Франк, М.В. Великанова .....	91
ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЖИТЕЛЕЙ Г. ВОЛЖСКОГО ТРАНСПОРТНЫМИ УСЛУГАМИ	
Р.Р. Ходжамбердиев, М.В. Великанова .....	92
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ АВТОБУСНОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ г.ВОЛЖСКОГО	
В.В. Шишкин, М.В. Великанова .....	94
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСМИССИ АВТОБУСА «ВОЛЖАНИН-5270»	
Чернова Г.А., Синьков А.В., Попов А.В.....	95
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА ДИМЕТИЛДИТИОКАРБАМАТА НАТРИЯ	
Медведева Л.И., Казакова Е.Г. ....	99
СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ	
Тишин О.А., Силаева Е.Ю., Силаев А.А. ....	101
УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ НА БАЗЕ ЭВРИСТИ- ЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ	
Алехин А. Г.....	103
УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕ-	

РЕДАЧИ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ	
Бурцев А.Г., Браганец С.А. ....	104
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ВРЕДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Капля В.И., Климова Е.В., Силаева Е.Ю., Тишин О.А. ....	105
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАБОТУ ГРАФИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯТОРОВ	
Капля В.И., Пан А.Г., Бойцов Е.П. ....	107
СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА РАСТВОРЫ СОЛЕЙ	
Капля В.И. Силаев А.А. ....	108
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ СТРУЙНО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ	
Корзин В.В., Гольцов А.С., Горюнов В.А., Дудников Д.А. ....	109
ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУЙНОЙ АВТОМАТИКИ	
Корзин В.В., Бойцов Е.П. ....	110
АНАЛИЗ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ	
Корзин В.В., Голубин О.С. ....	112
РАЗРАБОТКА СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ	
Д. Н. Лясин, А. И. Тыртышный ....	113
МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ MATHCAD	
В. В. Матвеев ....	116
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА VisSim ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСУТП	
Л.И. Медведева, Е.Г. Казакова ....	117
ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТКРЫТИЕМ НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ГИДРОАГРЕГАТА	
Савчиц А.В. ....	119
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ВОЛЖСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ	
Савчиц А.В., Костин В.Е., Зуева О.В., Дуванов В.В. ....	123
СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ПОЛИВА И ОСВЕЩЕНИЯ	
Савчиц А.В., Костин В.Е., Оноколов С.Ю., Ажигалиев Р.А. ....	124
ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ БИБЛИОТЕК ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ	
Севастьянов Б.Г. ....	125
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ СЕТЕВЫХ НАСОСОВ КОТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ	
С.Н. Задворский А.А. Силаев ....	138
РЕАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ CODESYS	
Трушников М.А. ....	140

## ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	
Балашов В.А., Голованчиков А.Б., Густякова М.С., Суслова К.О. ....	143
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В АППАРАТЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ МЕШАЛКОЙ	
А.Б. Голованчиков, А.Г. Шульгина.....	145
РАСЧЁТ ЦЕНТРОБЕЖНО-СТРУЙНОЙ ФОРСУНКИ ДЛЯ БЕЗНАСАДОЧНОЙ ГРАДИРНИ ЭЖЕКЦИОННОГО ТИПА	
Д. Р. Александрин, В.В. Гудименко, Н. В. Шибитова, Н. С. Шибитов.....	145
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ	
С.А. Анцыперов, В.А. Панов. ....	150
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАССООБМЕНА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ОЧИСТКИ НИТРОБЕНЗОЛА	
Беляков Е.В. , доцент Лапшина С.В.....	153
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРУЗИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ	
Бирюков А.Р., Шаповалов В.М. ....	154
АБСОРБЕР С КОМБИНИРОВАННОЙ НАСАДКОЙ	
А.Б. Голованчиков, А.А. Шагарова, А.Ф. Бугаева.....	155
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ В НАСАДОЧНЫХ ХЕМОСОРБЕРАХ	
О.А. Тишин, Е.В. Климова, Е.Ю. Силаева.....	158
КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
В.М. Волчков, Н.В. Шибитова, Д.А. Горковенко, В.В. Гудименко.....	161
ВЛИЯНИЕ ОРЕБРЕНИЯ ТРУБОК ТРУБНОГО ПУЧКА НА ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	
С.Б. Воротнева, Б.А. Дулькин, А.Б. Голованчиков, Д.Р. Коломиец, С.Р. Коломиец.....	164
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ КАТИОНОВ $Na^+$ В ИОНООБМЕННОМ АППАРАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	
А.Б. Голованчиков, О.А. Залипаева, А.А.Коберник, А. Хилдаяти .....	166
ЭЛЕКТРОБИОФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	
А. Б. Голованчиков, Н. Н. Дикарева, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова.....	170
ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОР С ПОДВИЖНЫМИ ЛИСТОВЫМИ АНОДАМИ	
А. Б. Голованчиков, Н. Н. Дикарева, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова.....	173
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО СОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА С УЧЕТОМ ВНУТРИДИФФУЗИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ	
А. Б. Голованчиков, Л. В. Курылева, В. Ф. Каблов, Ю. В. Аристова.....	176
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК МЕМБРАН ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ	
А.А. Шагарова, В.И. Горбаченко.....	178
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ НА ИХ РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ	
А.Б. Голованчиков, В.В. Савин, Н.И. Дудин.....	181
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БАССЕЙНАХ ОТБОРА ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ТВЭЛОВ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ	
Б.А. Дулькин, С.Б. Воротнева, А.Б. Голованчиков, Д.Р. Коломиец, С.Р. Коломиец.....	184
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В РАБОЧИХ ОРГА-	

НАХ ЭКСТРУДЕРА. Дьячкова Е.В., Володин Д.С.....	187
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА <i>l</i> -ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛА Бутов Г.М., Иванкина О.М., Ильинский Д.В., Елисеев П.Ю., Дахно А.В., Рылеев И.М.....	188
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОРОПЛА- СТОВЫХ НАСАДОК П. С. Васильев, К. В. Чёрикова.....	190
УВЕЛИЧЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ И ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭЛА- СТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ ВОЛОКНИСТЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ В. Ф. Каблов, Н. А. Кейбал, К. Ю. Руденко, А. А. Блинов, А. О. Мотченко.....	194
РАЗРАБОТКА ФОСФОРБОРАЗОТСОДЕРЖАЩЕГО МОДИФИКАТОРА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АДГЕЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ХЛОРСО- ДЕРЖАЩИХ КАУЧУКОВ Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Митченко А.Е., Емельянова Ю.Ю.....	196
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ФОРМАТОРА-ВУЛКАНИЗАТОРА. Колтунов П.А., Мокрецова И.С. ....	197
ИННОВАЦИОННЫЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. Г.М.Кондрашов.....	198
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕ- И ТЕПЛОСТОЙКОСТЬЮ, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ ОКСИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ В.Ф. Каблов, О.М. Новопольцева, В.Г. Кочетков, А.Г. Лапина, М. А. Евченко.....	200
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРЕМНЕКИСЛОТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, МО- ДИФИЦИРОВАННЫХ СИЛАНАМИ, НА ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В.Ф. Каблов, О.М. Новопольцева, С.В. Лапин, В.Г. Кочетков, А.Г. Лапина, Н.А. Майер.....	201
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕШАЛКИ С ГИДРОМУФТОЙ Н.С. Потапова, Ю.А. Лыско, А.Б. Голованчиков, А.А. Шагарова.....	202
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАБОТУ ЗАГРУЗОЧНЫХ БУНКЕРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ А.Б. Голованчиков, А.А. Шагарова, Н.А. Прохоренко.....	205
НАНЕСЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ УПРУГОЙ РАКЛЕЙ В.М. Шаповалов.....	208
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СУШКИ ОТХОДОВ ГОРЧИЧНО-МАСЛОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА Г.Г. Русакова, Д.В. Лучковский, Л.В.Мазина.....	211
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ ТРУБ В КОТЛЕ Сарычев А.О., Ахрамеев А.Ф.....	215
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НАТРИЯ ХЛОРИДА НА ПРИМЕРЕ ОАО «КАУСТИК» А.Е. Новиков, М.И.Филимонов, М.И. Ламскова, И. М. Васильев.....	217
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЗАГРУЗОЧНОГО БУНКЕРА ЭКСТРУЗИОННОГО ГРАНУЛЯТОРА А.Б. Голованчиков, А.А. Шагарова, Л.Е. Тарасенко, М.К. Доан.....	220

РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ	
Кейбал Н.А., Каблов В.Ф., Гусак Э.Н., Стукало К.А., Панченко Т.А.....	224
ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА КРОМКИ РОТОРА НА ТЕЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПО- ЗИЦИИ В РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЕ	
Ким В.А, Шаповалов В.М.....	225
ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ХЛОРСУЛЬФИРОВАННО- ГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, К.Ю. Руденко, В.А. Кумскова, Е.В.Харламов .....	225
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОСФОРБОРСОДЕРЖАЩИХ АНТИПИРЕНОВ	
Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Назарова Д.Г., Каткова Д.А.....	226
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	
А.А. Фёдорова, В.М. Шаповалов .....	227
ГИДРОДИНАМИКА ПЕРЕЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДВЕСНОГО ТИПА	
Н.С. Шибитов, Н.В. Шибитова, Е.А. Кузнецов, В.Н. Максименков .....	230
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ РАССОЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАУСТИЧЕСКОЙ СОДЫ	
Н.В. Шибитова, Н.С. Шибитов, В.В. Федотов, В.В. Гудименко .....	233
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТАДИИ ОСУШКИ ХЛОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАУСТИЧЕСКОЙ СОДЫ	
Н.В. Шибитова, Н.С. Шибитов, Р.М. Тимошенко .....	235
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЯ	
Мокрецова И.С., Штондин Д.Ю.....	238
СИНТЕЗ ДИАДАМАНТИЛОВЫХ ЭФИРОВ (ДИ)- ТИОКАРБАМИНОВЫХ КИ- СЛОТ. Д.А. Крюкова; О.М. Иванкина; Г.М. Бутов .....	240
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА <i>n</i> -ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛА.	
Ильинский Д.В., Елисеев П.Ю., Бутов Г.М., Иванкина О.М.....	242

### **ЭКОНОМИКА, ОБРАЗОВАНИЕ, СОЦИОЛОГИЯ**

УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА	
С. А. Мироседи, Н. А. Колбова .....	244
АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТОСПО- СОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ	
С. А. Мироседи, А. В. Овсянников .....	246
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕ- СКОГО РЫНКА	
С. А. Мироседи, Д. Ю. Чегурихина .....	249
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
Мироседи Т.Г., Тумашик И.В., Гордеева Е.В. ....	252
АУТСОРСИНГ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ	
С.В. Одноралов, М.В. Великанова .....	254
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ НА- ЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
Старовойтов М.К., Медведева Л.Н. ....	256
СОСТОЯНИЕ ОСАГО В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	
Филиппова Т.А.....	259
ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО АУТСОРСИНГА НА ПРЕДПРИЯТИИ ГОРОДА ВОЛЖСКОГО	
Чернов Д.Н, Чернова Г.А. ....	261

# ТЕХНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТРАНСПОРТ

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РЕАЛИЗАЦИИ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

доц. каф. ВАЭиВТ ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Б.Г. Севастьянов

*«Там, где большинству алгоритмистов-любителей  
кажется, что алгоритм готов, профессионал понимает,  
что тяжёлая и утомительная работа только начинается»*

*Дж. Форсайт*

В докладе обращается внимание на практическую привязку дискретного автомата (ДА), циклограмм, управления группой задвижек и насосов к реальным аппаратно-программным средствам и особенностям ОУ.

Дискретным системам управления посвящено много работ [1-3]. Доклад начинается с рассмотрения реализации дискретного автомата. Автомат синтезируется в следующей последовательности.

- 1) Словесное описание алгоритма работы автомата.
- 2) Формализация.
- 3) Составление таблицы состояния или таблицы истинности.
- 4) Формирование логических функций по таблице состояний. Допустим, требуется формировать две команды (две функции управления):  $U_1$  и  $U_2$ . Для единичных состояний  $U_1$ ,  $U_2$  по таблице состояний выписывают функции (формулы) в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ).
- 5) Следующим действием является минимизация полученных формул. Ситуации, связанные с реализацией памяти из минимизации исключаются, но не из конечного результата.
- 6) Составляют структурную схему автомата с памятью или без памяти, без привязки её к конкретным аппаратно-программным средствам.
- 7) Производят сравнительный анализ полученных формул (СДНФ) по каждому каналу СДНФ. Выявляют одинаковые члены и элементы в структурной схеме, встречающиеся в разных каналах.
- 8) Выполняют структурные упрощения схемы. Оставляют повторяющийся элемент только в одном канале, сигнал с выхода этого элемента распараллеливают на другие каналы, где он встречался.
- 9) Привязка структурной схемы автомата к конкретным аппаратно-программным средствам, т.е. к конкретному контроллеру. Распределение информации по группам: входная, выходная, промежуточная, команды, информация для хранения, информация, выдаваемая через УСО и представляемая оператору, текущая информация, включая контрольные точки для наладки программы. Уточняется, что и в каком виде выдаётся на светодиоды, цифровые индикаторы, что поступает на ПЭВМ, какие команды и настройки могут поступать с ПЭВМ. Учитывая особенности физической реализации управления объектом, оставляют команды управления потенциальные или формируют импульсные команды управления. Иногда требуется контролировать отработку команд и время отработки. Эти дополнения, конечно, усложняют программу дискретного автомата.
- 10) Организация связи с верхним уровнем (со SCADA системой).

11) Проверка работы программы на лабораторном стенде с использованием имитатора аналоговых и дискретных сигналов или с использованием эмулятора, или на реальном объекте управления.

12) Устранение выявленных ошибок и недостатков (в алгоритмах, программах, схемах подключения, организации работы) и оформление документации.

Разберём пункт 8 несколько подробнее.

- 1) По входным каналам должны быть защиты от «дребезга» или случайного кратковременного смены состояния входной переменной из «1» в «0».
- 2) Защита от несинхронного появления очередной ситуации (состояния входных переменных). Эту ситуацию называют размытостью границ.
- 3) Выявляются ситуации, требующие реализации памяти. Эти ситуации исключаются из процедуры минимизации СДНФ.
- 4) Иногда требуется строго соблюдать последовательность появления ситуаций.
- 5) Если имеются резервные каналы, то реализуется алгоритм автоматического переключения на исправный резервный канал.
- 6) Иногда требуется соблюдать маршрут, например, последовательность открытия или закрытия задвижек.

При реализации циклограмм следует учитывать:

- 7) формирование управляющих воздействий может быть как по времени, так и в зависимости от значения технологического параметра. В этом случае по аналоговому каналу должна быть защита,
- 8) при формировании команд по времени следует приостанавливать таймер до отработки очередной команды (см. плакат 2),
- 9) должны быть три режима работы системы: ручной (это обычно требуется при пусконаладочных работах), автоматический и режим ускоренной проверки формирования команд без выдачи их на ОУ.

Нюансы пуска и останова центробежных насосов и управление задвижками, надеюсь, не оставят равнодушными участников конференции.

Особенности практической реализации дискретных систем управления опубликованы автором в журналах и учебных пособиях (частичный список работ приведен [4-8]). Если ОУ относится к взрывопожароопасным, то необходимо особое внимание безопасности: использовать резервирование, искробезопасные барьеры, модули грозозащиты. Автор надеется, что предложенные алгоритмы и программы помогут разработчикам создавать системы повышенной надёжности.

#### Литература

1. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов.-М.: Физматгиз, 1962.
2. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: теория, задачи, приложения. 3-е издание. – М.: Вузовская книга, 2000. – 280 с.
3. Поспелов Д.А. Логические методы анализа и синтеза схем. М.: Энергия,1974.-368с.
4. Севастьянов Б.Г. Автоматизированный пуск и останов центробежных насосов (Алгоритм повышенной надёжности). Системотехника.-2005, №3
5. Севастьянов Б.Г. Микропроцессорное управление задвижками, распределяющими потоки жидкости и газа //ПиСУ.-2008 №10-с.1-5.
6. Севастьянов Б.Г. Реализация дискретных систем управления на контроллерах: учебное пособие/Б.Г.Севастьянов.– Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2011г.– 230с.
7. Севастьянов Б.Г. Особенности реализации циклограмм на контроллерах//13-я Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ВПИ (филиал) ВолгГТУ (I часть).-ВОЛЖСКИЙ, 27-28 ЯНВАРЯ 2014 г. № эл. изд. 0321402347.
8. Севастьянов Б.Г., Севастьянов Д.Б. Теория и практика реализации дискретных систем управления центробежными насосами. X межрегиональная научно-практическая конференция.-Взаимодействие предприятий и вузов – наука, кадры, новые технологии (Сборник тезисов докладов).- г. Волжский, 29 апреля 2014 г.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОДУЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В. Н. Тышкевич\*, А. В. Саразов\*, В. Г. Цыганков\*\*

\*ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ, \*\*ОАО «Энерготехмаш»

ОАО «Энерготехмаш» длительное время продуктивно занимается проектированием и изготовлением модульных строительных конструкций для широкого круга заказчиков РФ. Изготовленные на заводе блоки-модули автомобильным и железнодорожным транспортом доставляются на строительные площадки заказчиков, где осуществляется их сборка и монтаж в жилые комплексы.

Существенной проблемой является обеспечение достаточной жесткости конструкции блока-модуля при транспортировке, погрузке и разгрузке. Совместно с кафедрой механики ВПИ (филиала) ВолгГТУ решались следующие задачи:

- оценка увеличения жёсткости блоков-модулей для выбранного рационального варианта усиления при транспортировке от действия продольных (при торможении и ускорении) и поперечных (скручивающих) нагрузок;
- определение максимальных эквивалентных напряжений в несущих элементах блоков-модулей при транспортировке.

Для анализа напряжённо-деформированного состояния блоков использована система расчёта и проектирования механических конструкций и оборудования в области машиностроения и строительства *APM WinMachine* (модуль *APM WinStructure 3D*).

Определены величины максимальных полных перемещений и максимальных эквивалентных напряжений для элементов не усиленного и усиленного силового каркаса блоков от действия продольной и поперечной (скручивающей) нагрузки, приложенной к крыше и моделирующей действие дополнительной нагрузки при транспортировке блоков.

Расчёт проведен для четырех вариантов усилений блоков-модулей.

Варианты конструктивного исполнения усиления приведены на рисунке 1. Рисунок 1 - Конструктивные схемы усиления

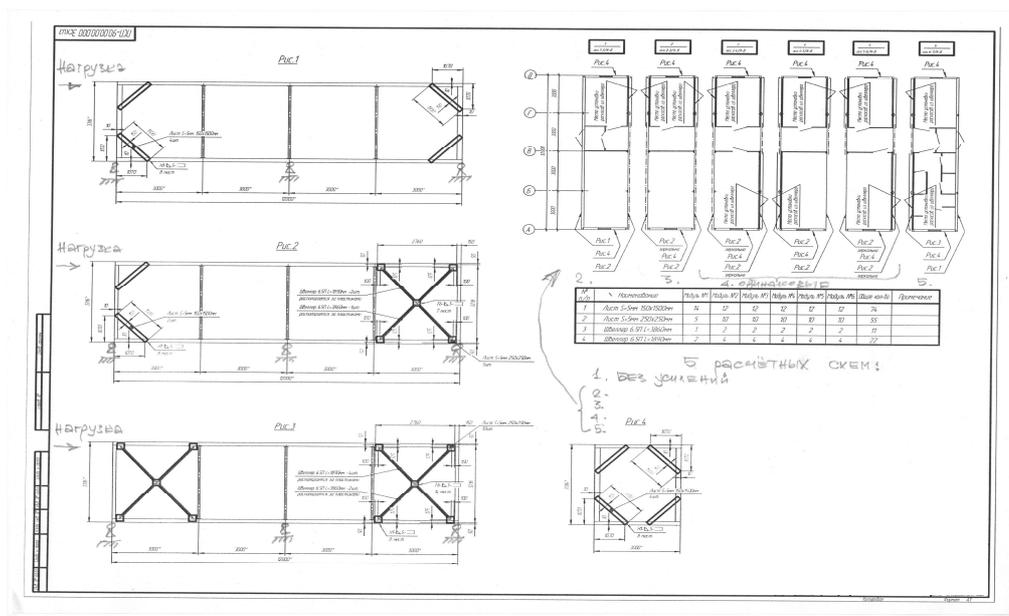


Рисунок 2 - Расчётная схема блока с усилениями в 1-м варианте исполнения

Пример расчетной схемы нагружения блока-модуля продольным усилием для 1 варианта исполнения транспортного усиления показана на рис. 2.

Пример результатов расчёта эквивалентных напряжений от действия продольной нагрузки в блоке с усилением (вариант 1) представлен на рисунке 3.

Проанализированы все варианты усиления блоков-модулей и сделано следующее заключение:

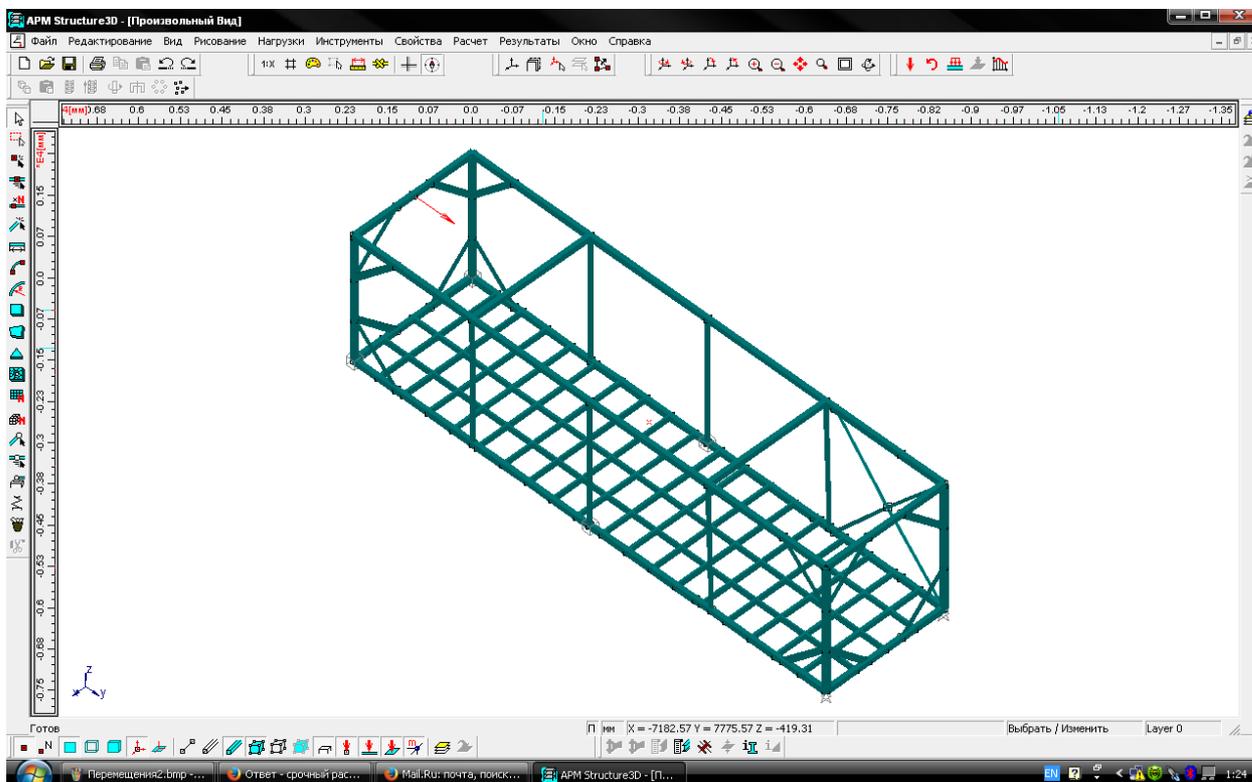
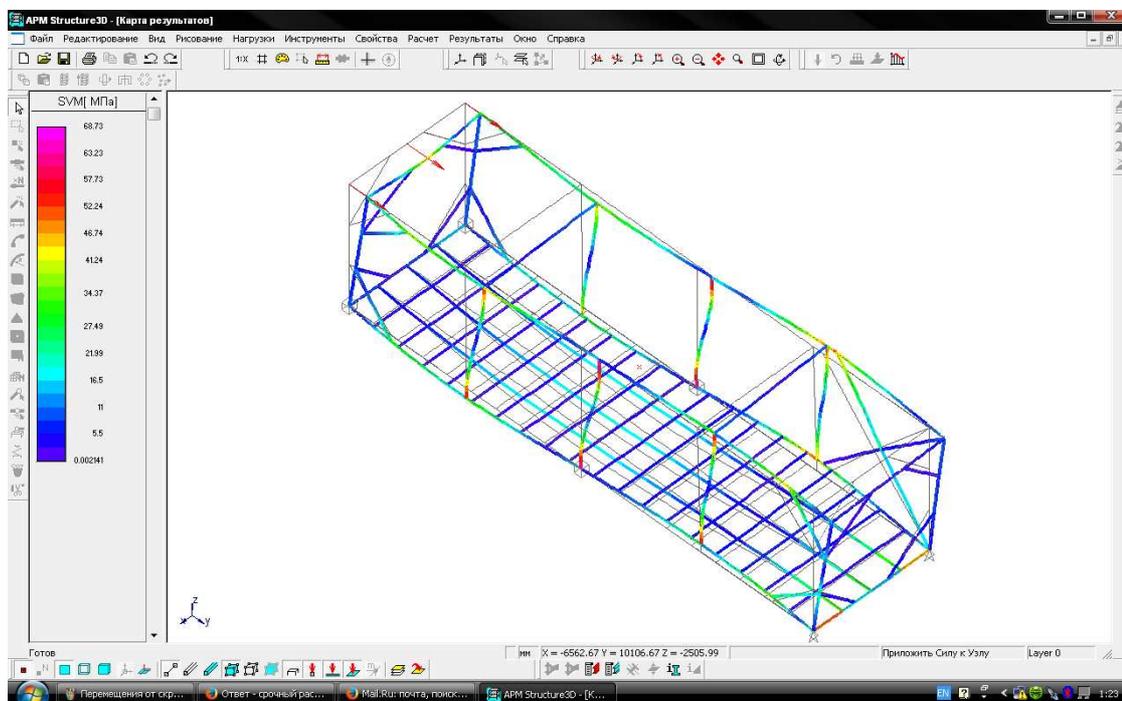


Рисунок 3 - Результаты расчёта эквивалентных напряжений от действия продольной нагрузки в блоке с усилением (вариант 1)

- При транспортировке модулей необходимо соблюдать скоростной режим движе-

ния до 60 км/час для ограничения перегрузок при неустановившемся движении.

- Для увеличения жёсткости конструкции модулей при транспортировке от действия продольных (при торможении и ускорении) и поперечных (скручивающих) нагрузок рекомендуются выбранные рациональные варианты усиления конструкции модулей, представленные на рис. 1.

Ограничения транспортных габаритов модулей обуславливают выбор рациональных вариантов усиления стальными листами с сечением 5×150 по углам боковин и торцов модулей и установкой крестовин из швеллера 6,5П в имеющихся полостях, где позволяет габаритный размер.

Требования к расположению, конструкции и сварке усилений представлены на чертеже рисунка 1.

Результаты расчётов вариантов усилений сведены в таблицу.

Расчётные величины	Модули без усиления	Усиленные модули, варианты исполнения			
		1	2	3	4
<b>продольная нагрузка (торможение, ускорение)</b>					
максимальное полное перемещение, мм	21,1	13,1	10,8	11,9	12,6
максимальное эквивалентное напряжение, МПа	90,6	68,7	59,5	65,7	65,5
<b>поперечная нагрузка (скручивание)</b>					
максимальное полное перемещение, мм	41,5	6,6	6,7	6,6	6,6
максимальное эквивалентное напряжение, МПа	242	83,2	83,2	83,4	83,1

Предложенные варианты усиления модулей позволяют при транспортировке:

**увеличить жёсткость модулей:**

- при действии продольной нагрузки - в **1,95-1,61** раза;
- при действии поперечной нагрузки - в **6,2** раза;

**уменьшить максимальные эквивалентные напряжения в элементах модулей:**

- при действии продольной нагрузки - в **1,32** раза;
- при действии поперечной нагрузки - в **2,9** раза.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНТЕРФЕЙСА ПУЛЬТА ОПЕРАТОРА АГРЕГАТА ДЛЯ ГУММИРОВАНИЯ ВАЛОВ ТИПА АГВ2500-2300**

С.А. Браганец, доцент кафедры ВТО ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
 А.Г. Бурцев, доцент кафедры ВАЭиВТ ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
 В.И. Капля, доцент, зав. кафедры ВАЭиВТ ВПИ (филиал) ВолгГТУ  
 А.В. Савчиц, доцент кафедры ВАЭиВТ ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
 А.М. Просвилов, начальник электротехнической службы ВНТК (филиал) ВолгГТУ

В действующем программном обеспечении (ПО) системы управления агрегатом для гуммирования валов, установленном на ВНТК (филиал) ВолгГТУ присутствовал ряд недостатков:

- Алгоритмы, заложенные в программе ПЛК, не обеспечивали корректного выполнения исходного задания для гуммирования вала (не выдерживается заданная длина гуммирования, не соблюдается ширина нахлеста).

- Алгоритм расчета длины навивки вала, заложенный в программе ПЛК, работает некорректно. Данное обстоятельство приводило к гуммированию вала с длиной обрезинивания не соответствующей исходному заданию.
- Реализуемая системой технология намотки резиновой ленты на вал не обеспечивала необходимого качества гуммирования вала.
- После выполнения задания программа ПЛК не переходила в исходное состояние, которое позволило бы произвести повторное гуммирование вала. Для устранения данной ошибки приходилось обесточивать щит управления.
- В исходной программе ПЛК не была предусмотрена функция паузы процесса гуммирования.
- Программное обеспечение операторской панели не эргономично. Текстовые надписи, поясняющие ввод исходных параметров для гуммирования, трактуются двояко.

В целях устранения перечисленных выше недостатков существующих алгоритмов управления и ПО операторской было принято решение полностью переработать программу управления в ПЛК и ПО операторской панели. Так же для реализации требуемого режима навивки было выполнено дополнительное подключение частотных преобразователей ОВЕН ПЧВ к ПЛК 110.

Модернизированная программа, помимо основных функций, которые выполнялись исходной программой, позволяет реализовывать:

- Два режима намотки ленты на вал: ступенчатая (прямая намотка) и косая.
- Останов программы, с возможностью дальнейшего продолжения работы.
- Общий сброс программы в исходное состояние.
- Анализ произошедших аварийных состояний.
- Останов выполнения цикла гуммирования при возникновении аварийной ситуации.
- Управлять скоростью перемещения укладчика в зависимости от скорости вращения гуммируемого вала.
- Производить автоматическую установку укладчика и вала в исходное начальное состояние (укладчик в крайнем левом положении. Вал на нулевую метку конечного выключателя).
- По завершении цикла гуммирования переводит программу в исходное состояние, пригодное для повторного использования.

Результат гуммирования вала с использованием модернизированной программы, представлен на рисунке 1.



Рисунок 1

Экспериментальные запуски агрегата гуммирования вала, что модернизированная программа позволяет осуществлять более качественное гуммирование вала. Так же стоит

отметить, что были устранены недостатки исходной программы, которая была изначально заложена в ПЛК агрегата заводом изготовителем.

## АВТОНОМНОЕ УСТРОЙСТВО СБОРА ДАННЫХ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

Доцент Бурцев А.Г., ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Автономные устройства сбора данных (логгеры) применяются в задачах мониторинга параметров технологического процесса, если существует необходимость в периодической смене места установки системы мониторинга. В этом случае устройство-логгер должно быть мобильным, работать от автономного источника питания. Так как интервал сбора данных может быть достаточно длительным (месяц и более), система также должна быть экономной в плане потребляемой электроэнергии. Также устройство должно обеспечивать запись данных на современные носители, например на SD-карту.

Схема макета автономного устройства сбора данных представлена на рис. 1.

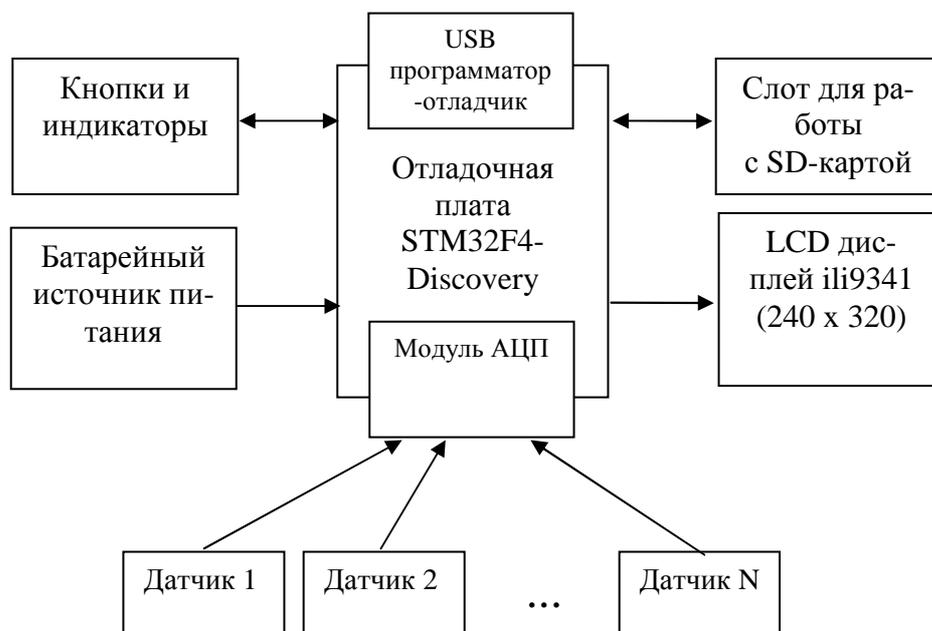


Рисунок 1 - Структурная схема макета автономного сбора данных

В качестве основы для макета устройства выбрана плата STM32F4-Discovery. Она имеет такие преимущества как встроенный USB программатор-отладчик, мощный микроконтроллер STM32F407, часы реального времени RTC и невысокую стоимость. Достоинством микроконтроллера также является возможность работы в "спящем" режиме (sleep mode) при котором он потребляет ток в среднем 12 мА.

Обмен данными между платой STM32F4-Discovery и периферией (LCD дисплеем, SD картой) реализовано посредством SPI интерфейса.

Интерфейс между пользователем и устройством сбора обеспечивает установку текущего времени и даты, периода опроса датчиков, имя файла на SD карте. На LCD экране в процессе работы логгера также отображаются текущие значения измеряемых параметров.

Преимуществами разработанного макета устройства являются:

- более низкая стоимость, чем у аналогичных устройств;
- графический интерфейс с пользователем (без подключения к ПК);
- большая функциональность за счет наличия большого числа (24) каналов для подключения датчиков;
- высокая производительность микропроцессора STM32F4 с тактовой частотой до 168 МГц, что позволяет проводить сложную математическую обработку данных.

Разработанный макет устройства автономного сбора данных может быть применен в таких задачах как:

- мониторинг концентраций вредных газов в рабочих помещениях или в технологическом процессе;
- мониторинг виброускорений в различных точках сложной конструкции (мостов, зданий и т.д.);
- мониторинг параметров в различных летательных аппаратах.

Список литературы:

- 1) RM0090. Reference manual. STM32F40x, STM32F41x, STM32F42x, STM32F43x advanced ARM-based 32-bit MCUs.: STMicroelectronics, 2012.
- 2) Интернет-источник: <http://mikrocontroller.bplaced.net/wordpress>.

## **«ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОАО «ВОЛЖСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД»**

Е.А. Дума, Г.А. Тиханкин

В соответствии с требованиями международных стандартов серии ISO 9000 общее руководство качеством достигается через управление процессами в организации.

Процессом необходимо управлять по двум направлениям: через структуру и работу самого процесса, внутри которого имеются потоки продукции или информации, и через качество продукции или информации, протекающих внутри структуры.

Каждая организация существует для выполнения работы по добавлению ценности. Работа выполняется посредством сети процессов.

Любая организация, как правило, многофункциональна. Однако при всей сложности и различия в деятельности организаций, важно выделить основные процессы, упростить и расставить процессы в зависимости от приоритетов с целью общего руководства качеством.

Организации необходимо определить, организовать и управлять своей сетью процессов и взаимодействием. Организация создает, улучшает и обеспечивает постоянное качество в своих предложениях с помощью сети процессов. Это коренная концептуальная основа стандартов ISO 9000. Процессы и их взаимодействие должны подвергаться анализу и непрерывному улучшению.

Качество процессов, за которые ответственно исполнительное руководство, таких, как стратегическое планирование, является особенно важным.

Система качества функционирует посредством процессов, которые существуют как внутри, так и во взаимодействии функций. Для эффективности системы качества эти процессы и соответствующие ответственность, полномочия, методики и ресурсы следует определить и развернуть на постоянной основе. Система является чем-то большим, чем сумма процессов.

Вот определение понятия «процесс», приводимое в ISO 9000:2007: "процесс – совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы". То есть на самом деле, кроме "входов", ничего в процесс не входит.

И приказы, и документация, и персонал, и все другое, что оказывает влияние на "входы", – это "входы" процесса. Именно так рассматривается управление в "методе черного ящика", лежащего в основе процессного подхода.

Существенный аспект процессного подхода при внедрении МС ISO 9001:2011 в организации в том, что каждый процесс является одним из элементов системы менеджмента качества (СМК).

В настоящее время для большинства российских организаций, в том числе и ОАО «ВТЗ», характерна функционально-иерархическая модель управления, которая имеет ряд существенных недостатков, практически невозможных для устранения в рамках больших организаций. Основная проблема – неэффективный обмен информацией между функциональными подразделениями, т. к. информация, необходимая для принятия решения, сначала направляется снизу вверх к руководителю, а затем спускается вниз по цепочке к непосредственному исполнителю, тем самым, преодолевая множество различных преград. Подобная система управления не способна быстро реагировать на постоянные изменения во внешней среде и порождает многочисленные ошибки в передаче данных и контроле решений.

Для решения задач современного бизнеса по усовершенствованию продукции и завоеванию потребительских предпочтений на ОАО «ВТЗ» должен быть разработан новый подход к управлению, а именно процессный подход. Ключевым в понимании процессного подхода является переход от вертикального построения организационной структуры к горизонтальной. (Рисунок 1)

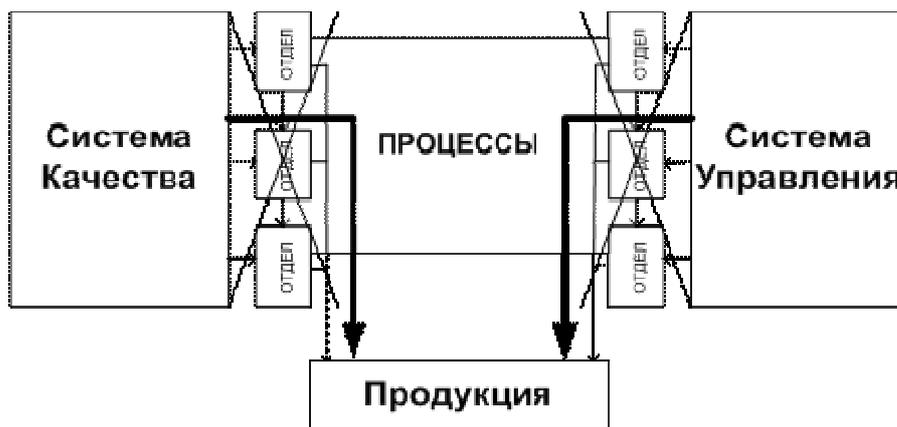


Рисунок 1 – Процессный подход

В основе этого подхода должен быть взгляд на организацию, как на совокупность ключевых бизнес-процессов, а не функциональных подразделений. Основное внимание уделяется межфункциональным процессам, которые объединяют отдельные функции в общие потоки и в целом направлены на достижение конечного результата – повышение эффективности работы ОАО «ВТЗ» в целом, а не отдельного подразделения.

В связи с этим внедрение процессного подхода позволит ОАО «ВТЗ», снизить такие характерные для функциональной модели издержки как большая трата времени на передачу результатов деятельности между подразделениями и сотрудниками. Также внедрение процессного подхода приведет к сокращению издержек, снижению рисков и увеличению эффективности управления персоналом. При процессном подходе работники ОАО «Волжский трубный завод» будут мотивированы точно исполнять процессы, так как несут ответственность за то, чтобы процесс вовремя перешел с этапа на этап. Появляется возможность собирать статистику об исполнении регламентов процессов, анализ статистики позволяет выявить источники сокращения издержек и времени на исполнение процессов. Сокращается время принятия управленческих решений.

Преимущества процессного подхода:

- ориентация на результат;

- упрощение системы управления;
- возможность прямых измерений;
- повышение эффективности.

Отсюда можно сделать вывод, что суть процессного подхода, заключается в том, что процессный подход является основным элементом менеджмента в организации.

В рамках процессного подхода любое предприятие или организация, рассматривается как система бизнес-процессов, конечной целью которой является выпуск продукции или оказание услуг. В полной мере это относится к деятельности ОАО «ВТЗ».

При этом одним из ключевых аспектов этого подхода является обеспечение наглядности («прозрачности») объекта управления (организации или системы) посредством его точного, достаточного, лаконичного, удобного для восприятия и анализа описания. Предлагаемая нами концептуальная схема управления процессом в ОАО «ВТЗ» представлена на рисунке 2.

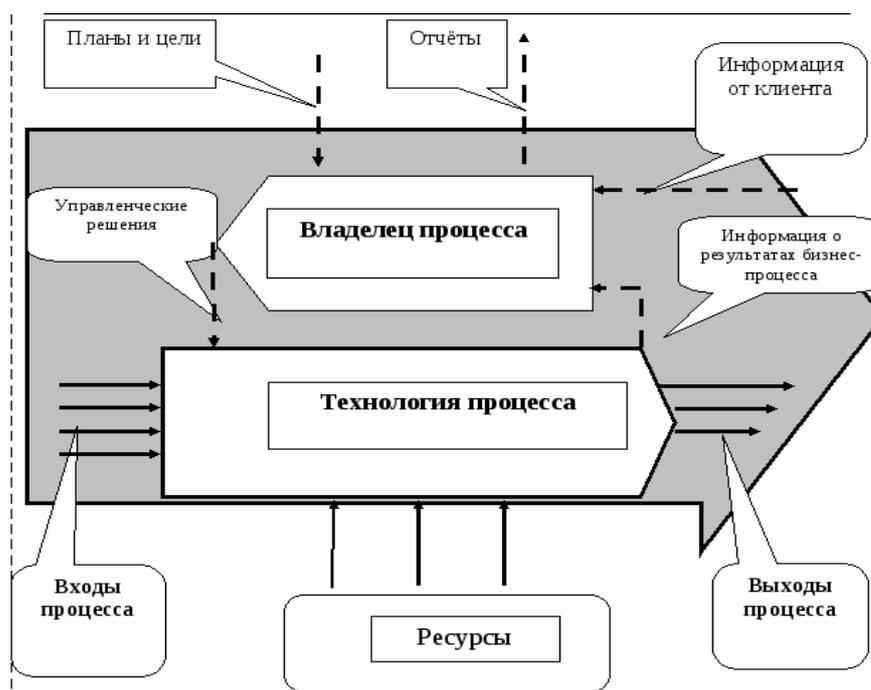


Рисунок 2 – Концептуальная схема управления процессом в ОАО «ВТЗ»

Таким образом, деятельность ОАО «ВТЗ» будет представлять собой процесс постоянного совершенствования и предупреждения возможных проблем. Именно такое направление обеспечивает качество производимой продукции и соответственно, удовлетворение потребителей, как внешних, так и внутренних.

#### Литература

1. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2012. – 408 с., илл. – (Серия «Практический менеджмент»)
2. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Дата введения 01.01.2013 г.
3. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования. Дата введения 01.01.2013 г.
4. Руководство по качеству ОАО «Волжский трубный завод». Р ВТЗ СМК – 2014. Редакция 2. Введено в действие с 11.06.2014 г.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПРИБОРА ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНОГО ГАЗА В ВОЗДУХЕ

Капля В.И., Бурцев А.Г., Андросов С.С., Куницын Р.С.

Автоматизация процессов измерения концентраций вредных газов в воздухе промышленных и городских зон является актуальной задачей в плане сокращения трудовых затрат и расходов на производство замеров. Ручной отбор проб воздуха и проведение их анализа требует сложных манипуляций и занимает более часа.

Использование новейших диффузионных полупроводниковых датчиков газа позволяет полностью автоматизировать процесс измерения и регистрации концентраций вредных токсичных газов в воздухе. Малые габариты и вес, низкое энергопотребление датчиков и электронных компонент измерительного прибора позволяют реализовать его в виде автономного, переносимого прибора.

Система управления прибором должна позволять оперативно настраивать прибор, контролировать его состояние и получать результаты измерений в форме, пригодной для обработки на ЭВМ. Состав прибора и его системы управления должны включать следующие элементы: датчик газа определенного типа, программируемый контроллер, управляемый блок питания, воздушный насос с фильтрами, клапаны и воздухопроводы, блок астрономического времени, карта памяти, дисплей, ИК канал управления настройками прибора. Взаимодействие перечисленных элементов схематически изображено на рис.1.



Рис.1. Структура системы управления и прибора.

Алгоритмы автоматической системы управления должны реализовать процессы забора проб, протоколы ИК канала управления настройками, управление исполнительными элементами и блоком питания, переход системы и элементов прибора в дежурный режим минимального энергопотребления в интервалах между измерениями. Алгоритмы обеспечивают доступ оператора к заданию параметров режимов системы с помощью ИК пульта, которые оперативно отображаются на дисплее. Основными параметрами работы системы являются: период измерений, длительность процедуры забора проб, период и длительность обратной продувки фильтров и воздухопроводов.

Алгоритмы ЭВМ должны обеспечивать интерфейс пользователя, обрабатывать и визуализировать результаты измерений, автоматически формировать протоколы измерений, выявлять случаи превышения предельно допустимых норм концентрации токсичных газов. Структура регистрируемых данных включает дату и время измерений, параметры режима измерений.

Макет основных элементов системы реализован на контроллере STM32F407, имеющем встроенный АЦП (разрешение 12 бит), аппаратный интерфейс SPI для связи с дисплеем и порты для управления внешними исполнительными элементами системы. В макете системы использован дисплей ILI9341, имеющий разрешение 240x320. Указанный контроллер имеет сторожевой таймер для управления входом и выходом в режим мини-

мального энергопотребления. Вариация состояниями клапанами осуществляется сервоприводами, управляемыми сигналами ШИМ, которые формируются контроллером. Включение и выключение воздушного насоса осуществляется через электронные ключи.

## ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЕЧИ ПЛАВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

Корзин В.В., Голубин О.С.

Процесс производства алюминиевых порошков заключается в получении жидкого алюминия в плавильной печи, который затем под давлением распыляется в осадительной камере на мельчайшие частицы и, остывая, оседает в виде порошка. Температура в печи поддерживается на уровне 800–850°С с помощью подачи газа в газовую горелку с эжектированием воздуха. Подача газа осуществляется при помощи запорных клапанов с электромагнитным управлением.

Поскольку процесс является взрывоопасным, то для регулирования технологических параметров процесса, в частности температуры, предлагается применить пневматическую систему управления, включающую в себя термоэлектрический преобразователь ТХАУ-9310 с унифицированным выходным сигналом 0-5 мА, электропневматический преобразователь ЭП-1311, вторичный регистрирующий прибор ПВ10.1Э, пневматический пропорционально-интегральный регулятор и регулирующий клапан с пневматическим исполнительным механизмом. В качестве регулятора предлагается использовать не регулятор системы «СТАРТ», давление питания которого 140 кПа, а более экономичный пневматический пропорционально-интегральный регулятор, построенный с использованием струйных элементов типа «ВОЛГА», давление питания которого составляет всего 4 кПа.

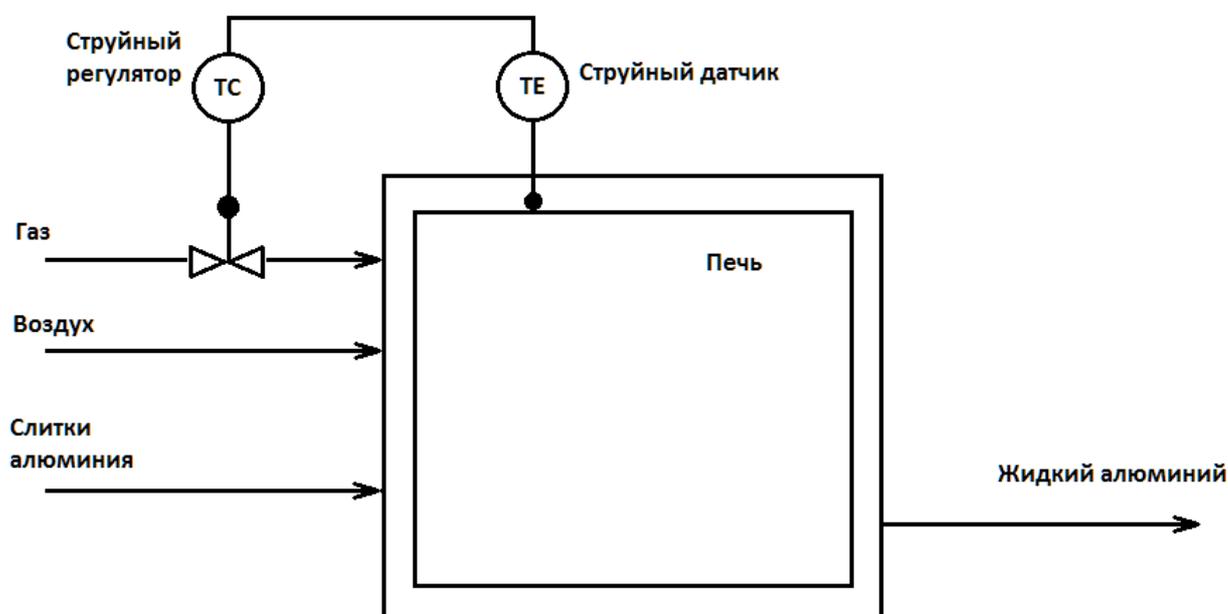


Рис.1. – Функциональная схема системы регулирования

Проведенные экспериментальные исследования струйного регулятора показали совпадение его характеристик регулирования с характеристиками регулирования существующего пневматического пропорционально-интегрального регулятора ПР3.31.

## **СТРУЙНАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

Корзин В.В., Гладких П.П.

В машиностроительном производстве очень часто используются пневматические приводы, перемещающие рабочие органы для обработки деталей. Поскольку оборудование оснащено подводными воздушными линиями, то логично использовать уже имеющийся источник пневматической энергии.

Уже достаточно давно для управления металлообрабатывающим оборудованием применяются пневматические струйные системы, построенные на логических элементах «ИЛИ-НЕ», «И-НЕ» системы «ВОЛГА», обладающие высокой надёжностью за счёт отсутствия в элементах подвижных частей.

Блок управления такой системы включает в свой состав струйный генератор тактовых импульсов, с помощью которого осуществляется последовательное выполнение команд на включение и выключение усилителей, управляющих работой пневмоцилиндров и пневмомоторов технологического оборудования.

Предлагается объединить в одном корпусе несколько логических элементов за счёт уменьшения размеров питающих, управляющих и выходных каналов. Это позволит уменьшить габариты блока управления, а также будет способствовать увеличению скорости срабатывания системы управления благодаря тому, что уменьшится длина линий связи между элементами.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВИБРОУСКОРЕНИЯ ТРАНСМИССИИ АВТОБУСОВ ВОЛЖАНИН**

Никитин В.В. студент гр. ВТС-431, Жидков А.В. студент гр. ВТС-331, науч.  
рук. доцент Чернова Г.А.

В процессе эксплуатации автобусов Волжанин в автоколонне МУП «Волжская А/К №1732» имеются случаи сходов с неисправностью трансмиссии. Так 2013-2014 годах произошло 162 схода. Основные неисправности: люфт крестовин, вибрация карданного вала, обрыв болтов, обрыв карданного вала, износ шлицев карданного вала.

Для определения характера неисправностей в узлах трансмиссий автобусов, необходима диагностика узлов и агрегатов трансмиссии. Для проведения диагностики использовался прибор виброанализатор «Алгоритм-03».

Исследование проводилось на автобусах «Волжанин-6270» гос. номер АМ062 гараж №539 и «Волжанин-5270» гос. номер АМ497 гараж №529. Во время измерений автобусы находились в ремонтном боксе на смотровой яме с поддомкращенными задними колесами. Замеры проводились на холостом ходу при оборотах двигателя  $n=950$  об/мин и на первой передаче при оборотах коленчатого вала двигателя  $n=1200$  об/мин. Пробег автобуса гар. № 539 составлял 973000 км. Пробег автобуса гар. № 529 составлял 826000 км.

Замеры виброускорений проводились на поддоне двигателя, на фланце крепления КПП, на фланце главной передачи, на раме. Вначале замеры проводились на холостом ходу каждая точка была измерена по трем осям.

В исследовании участвовали 3 человека: водитель, лаборант с прибором и студент-исследователь, который контролировал процесс измерений.

Место крепления датчика у фланца главной передачи на заднем мосту представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Крепление датчика на корпусе заднего моста.

По результатам замеров выбраны максимальные значения виброускорений: «Волжанин-6270» - задний мост, «Волжанин-5270» - фланец КПП.

Результаты замеров представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Виброускорения на фланце главной передачи автобуса «Волжанин-6270»

<b>Холостые обороты</b>				
<b>Ось X, LOG 93</b>				
max	1318,257	1318,257	338,844	1318,257
min	0,032	0,111	0,224	0,025
<b>Ось Y, LOG 92</b>				
max	749,894	749,894	156,675	716,143
min	0,002	0,002	0,078	0,001
<b>Ось Z, LOG 94</b>				
max	51,286	51,286	23,174	50,699
min	0,082	0,081	1,161	0,025
<b>Первая передача</b>				
<b>Ось X, LOG 98</b>				
max	933,254	933,254	204,174	922,571
min	0,044	0,084	2,570	0,015
<b>Ось Y, LOG 97</b>				
max	933,254	933,254	204,174	922,571
min	0,034	0,042	0,138	0,013
<b>Ось Z, LOG 99</b>				
max	1230,269	1230,269	384,592	1202,264
min	0,003	0,003	2,754	0,001

На холостых оборотах виброускорение по оси X достигает максимального значения  $1318,257 \text{ м/с}^2$ , на 1-ой передаче под нагрузкой виброускорение уменьшается до  $933,254 \text{ м/с}^2$ . На 1-ой передаче увеличенное виброускорение также по оси Y  $933,254 \text{ м/с}^2$ , по оси Z  $1230,269 \text{ м/с}^2$ .

В результате ожидался сход с неисправностью узлов, находящихся в непосредственной близости к фланцу главной передачи.

Сходы с ремонтом карданной передачи произошли 25.03.2014 – люфт крестовины кардана и 07.05.2014 – люфт крестовины кардана.

Таблица 2 - Виброускорения на фланце КПП автобуса «Волжанин-5270»

<b>Холостые обороты</b>				
<b>Ось X, LOG 122</b>				
max	2,512	3,936	0,966	1,567
min	0,371	0,269	0,891	0,084
<b>Ось Y, LOG 123</b>				
max	41,687	41,687	41,687	41,210
min	0,202	0,226	0,285	0,093
<b>Ось Z, LOG 124</b>				
max	42,658	42,658	42,170	42,170
min	0,155	0,288	0,513	0,178
<b>Первая передача</b>				
<b>Ось X, LOG 137</b>				
max	2,163	2,661	0,944	1,365
min	0,266	0,452	0,582	0,015
<b>Ось Y, LOG 138</b>				
max	43,152	43,652	30,549	43,152
min	0,135	0,042	0,138	0,013
<b>Ось Z, LOG 139</b>				
max	29,854	29,854	29,854	29,174
min	0,288	0,305	0,380	0,126

На холостых оборотах виброускорение по оси Z достигает максимального значения  $42,658\text{м/с}^2$ , на 1-ой передаче под нагрузкой виброускорение уменьшается до  $29,854\text{м/с}^2$ . На холостых оборотах увеличенное виброускорение также по оси Y  $41,687\text{м/с}^2$ , на 1-ой передаче под нагрузкой виброускорение увеличивается до  $43,652\text{м/с}^2$ , по оси X  $3,936\text{м/с}^2$ . Во время замеров не обнаружены критических значений виброускорений. Водителю предложено произвести протяжку болтов крепления фланцев КПП и карданной передачи.

На рисунке 2 представлена диаграмма вибрации на главной передаче заднего моста.

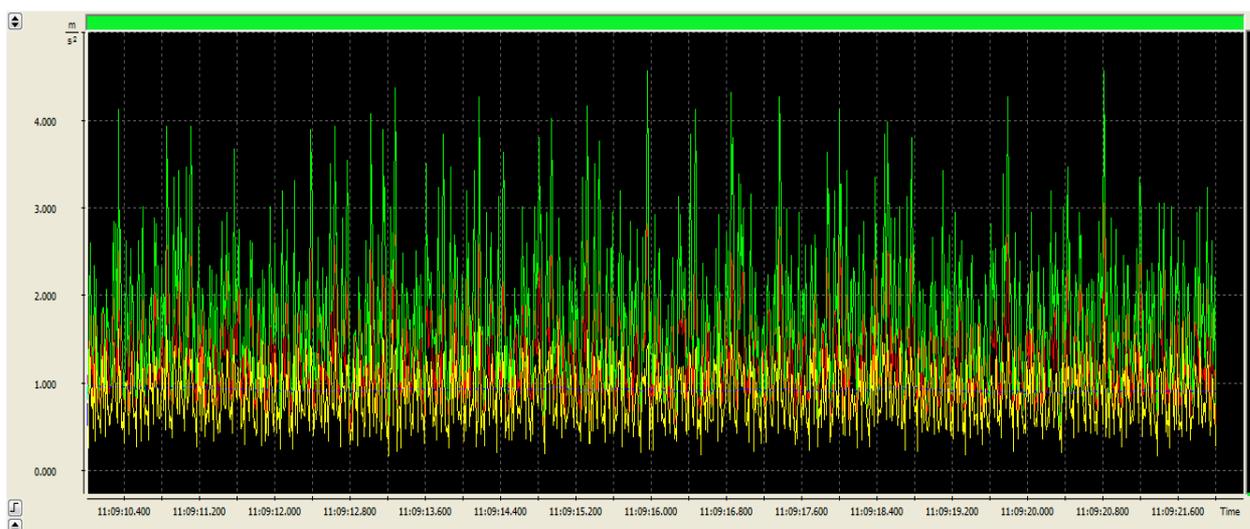


Рис. 2. Диаграмма замеров вибрации на заднем мосту по оси X на первой передаче

Проведенное диагностирование трансмиссии автобуса «Волжанин-5270» показало удовлетворительное состояние узлов и агрегатов трансмиссии. Критические значения

виброускорения отсутствовали. Сходов с неисправностями карданной передачи автобуса «Волжанин-5270» не было.

Проведенная диагностика трансмиссии автобусов «Волжанин» показала эффективность за счет исключения сходов с ремонтом трансмиссии. Диагностирование возможно проводить во время ТО2 или на посту диагностики.

Список литературы

1. Инструкция к виброанализатору «Алгоритм-03». Руководство по эксплуатации шумомера, анализатор спектра, виброметра Алгоритм-03 (Алгоритм-03-001PP\ \ ЗАО «Алгоритм-акустика».- Москва.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ С НАЧАЛЬНЫМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ ОТ ПЛОСКОСТНОСТИ ТОРЦОВ**

В. А. Носенко, В. Н. Тышкевич, С. В. Орлов, А. В. Саразов  
Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ

Кольца подшипников после термообработки приобретают отклонение от плоскостности и изогнутость торцовых поверхностей под действием остаточных температурных напряжений. При термообработке в штампах изогнутость может быть систематической, кратной числу упоров, или неопределенной при закалке и отпуске с вращением кольца в свободном состоянии или с укладкой на один из торцов. После термообработки для обеспечения заданных геометрических параметров торцовые поверхности подвергают шлифованию. Наличие изогнутости торцовой поверхности существенно усложняет процесс шлифования, поскольку под действием магнитного поля стола станка кольца получают дополнительную деформацию. Отшлифованные кольца сохраняют заданную форму торцовой поверхности под действием магнитного поля, после прекращения действия которого, отклонение от плоскостности возвращается.

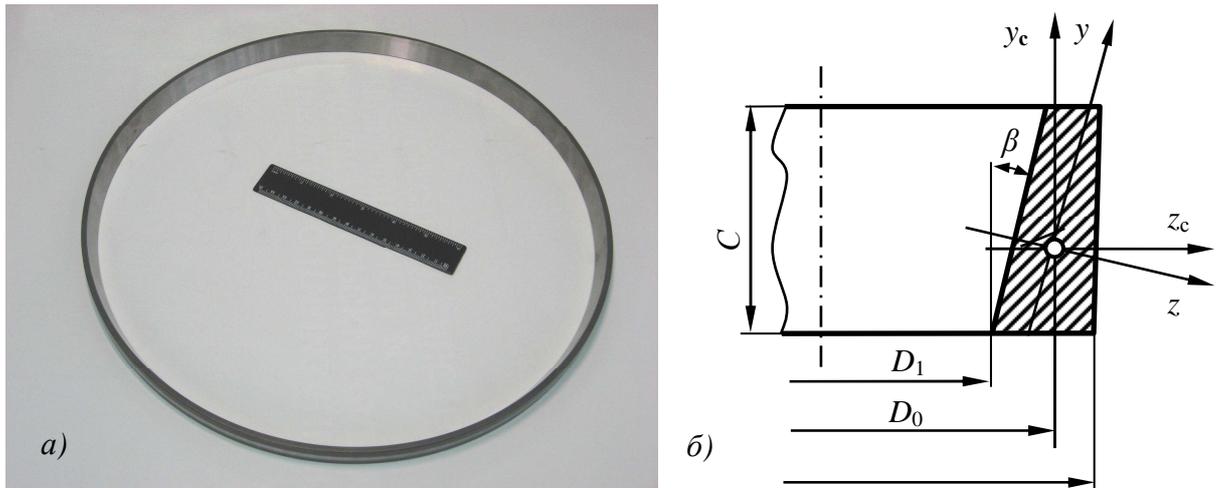
Для устранения изогнутости торцовых поверхностей используют различные технологические приемы: снимают небольшие припуски, многократно переворачивая кольцо; уменьшают напряженность магнитного поля, снижают режимы и повторяют первую операцию; шлифуют без закрепления магнитным полем, обкладывая кольцо упорами и пр. [1]. Реализация перечисленных способов существенно увеличивает время обработки и стоимость операции.

В связи с этим цель данных исследований заключалась в разработке нового способа шлифования торцов нежестких колец, в частности колец подшипников, с учётом осевых упругих деформаций, обеспечивающего высокую производительность при заданном допуске плоскостности обработанной поверхности.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: исследована неплоскостность торцовых поверхностей заготовок нежестких колец перед операцией шлифования; разработана математическая модель осевых деформаций кольца под действие магнитного поля стола станка и радиальной составляющей силы шлифования; определены условия обеспечения заданного допуска плоскостности торцовой поверхности кольца подшипника, учитывающие осевую деформацию кольца под действием магнитного поля станка и радиальной составляющей силы резания. Исследуется плоское шлифование периферией круга.

Анализ формы торцовой поверхности нежестких колец сделан на примере наружных колец конического однорядного роликоподшипника из стали ШХ15 (рис. 1) с размерами, представленными в таблице, где:  $D$ ,  $D_1$ ,  $C$  – соответственно наружный, внутренний диаметры и ширина кольца;  $\beta$  - угол конусности;  $r = D_0/2$  – соответственно радиус и диа-

метр центральной оси кольца, проходящей через центр тяжести поперечного сечения;  $I_{z_c}$ ,  $I_{y_c}$  и  $I_z$ ,  $I_y$  – осевые моменты инерции относительно центральных осей  $z_c$ ,  $y_c$  поперечного сечения кольца и главные центральные моменты инерции (рис. 1, б);  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – коэффициен-



ты для оценки применимости теории стержней малой кривизны.

Рисунок 1 - Исследуемое кольцо (а) и поперечное сечение кольца (б)

Таблица

Кольцо	$D$ , мм	$D_1$ , мм	$C$ , мм	$\beta$ , град	$r$ , мм	$I_{z_c}$ , мм <sup>4</sup>	$I_z$ , мм <sup>4</sup>	$I_{y_c}$ , мм <sup>4</sup>	$\alpha_1$	$\alpha_2$
У-7866А.01	375	357,5	18	15,0	184,2	2939	3001	431	64,3	0,048
1077756.01	460	401	62	12,7	218,4	432500	439000	63610	22,1	0,130

Термообработка колец выполнена в штампах. Исследования проведены на трехкоординатной измерительной машине Millenium. Три направляющие машины образуют декартову базовую систему координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , в которой перемещается щуповая головка. Конструкция машины порталная, с неподвижным измерительным столом и боковым приводом портала. Торцовую поверхность кольца исследовали по окружности среднего диаметра в микропроцессорном режиме.

На рис. 2 приведены результаты исследования одного из колец. Отклонение от плоскостности имеет шесть выраженных волн.

Обработка данных показала, что при первоначальном трех опорном контакте поверхностей стола и торца кольца среднее значение углов между точками касания с вероятностью 0,95 составляет  $120^\circ \pm 16^\circ$ . Исходя из этого, в расчетной схеме (рис. 3, а) принято, что кольцо касается стола в трех точках, расположенных на равных расстояниях по периметру кольца. Кольцо нагружено сосредоточенной силой  $P_y$  (от действия шлифовального круга) и равномерно распределённой нагрузкой  $q = q_c + q_m$  (от действия магнитного поля стола станка  $q_c$  и массы кольца  $q_m$ ), перпендикулярными плоскости кольца.

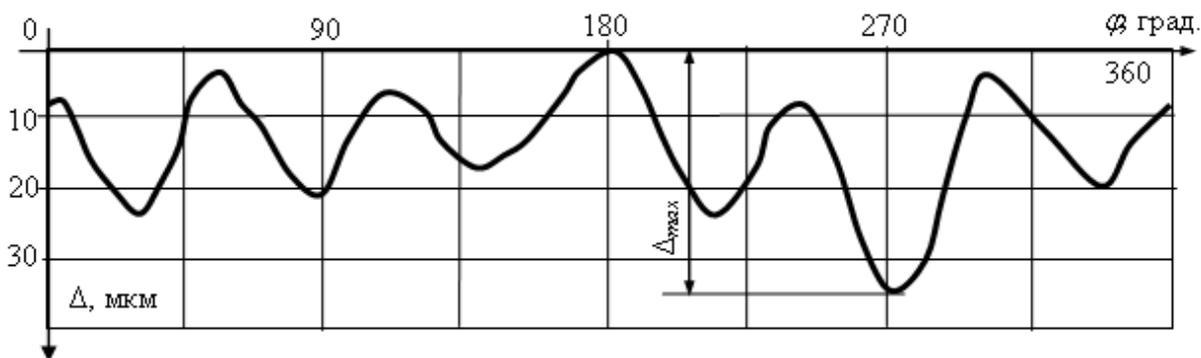


Рисунок 2 - Форма отклонений от плоскостности торцов кольца после закалки (кольцо конического однорядного роликоподшипника 1077756.01)

Трех опорный контакт кольца с поверхностью стола характерен для первоначального момента нагружения. При возрастании нагрузки число опорных контактов кольца с поверхностью стола увеличивается до шести (рис. 3, б).

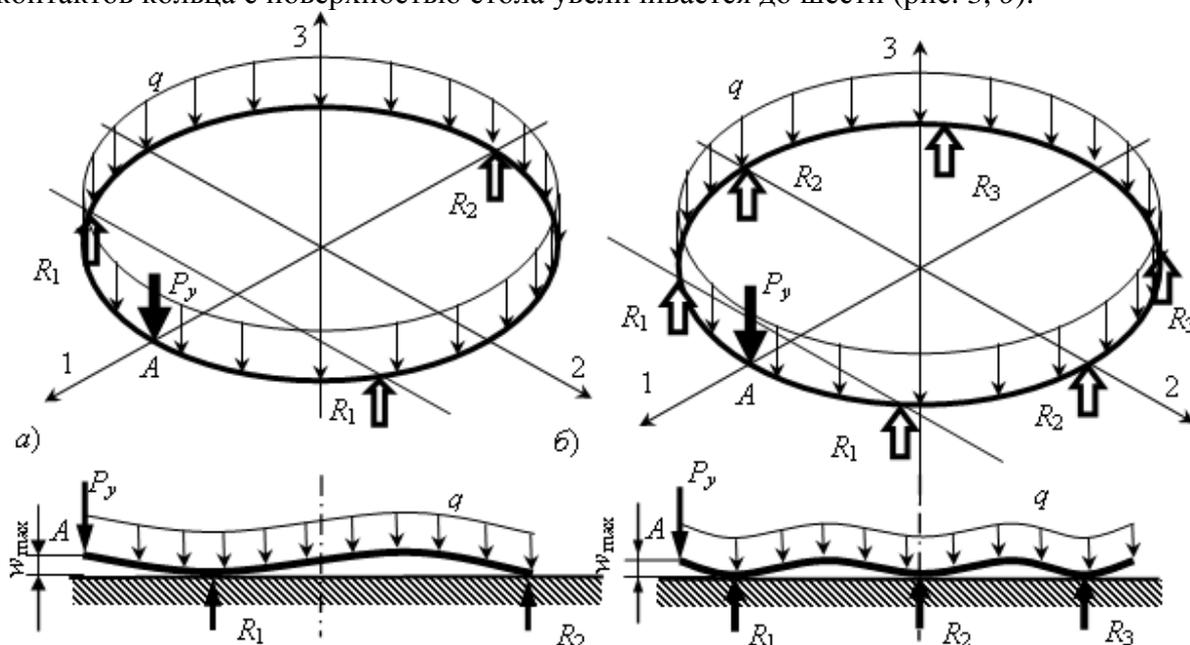


Рисунок 3 - Расчетные схемы для определения максимальной осевой деформации кольца  $w_{max}$  при трёх (а) и шести (б) опорном контакте со столом

На рисунке 4 показано распределение вершин макроотклонений торцовых поверхностей колец по высоте профиля.

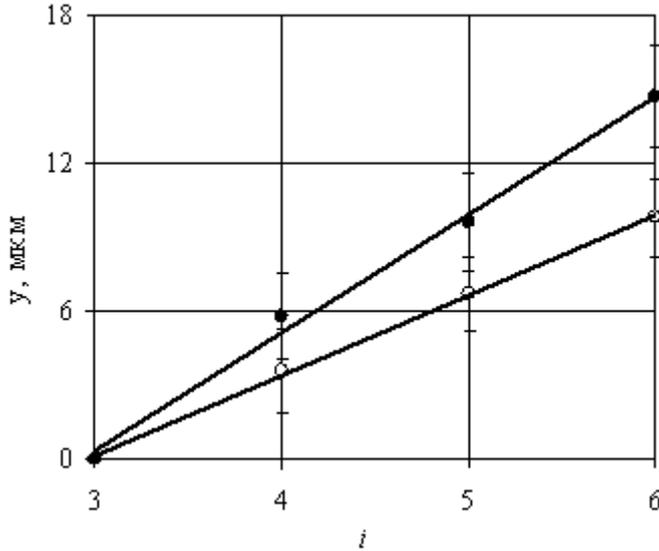
Максимальная осевая деформация при закреплении заготовки кольца магнитным полем стола будет равна:

$$w_q = w_m + w_{qmax} + w_{qк},$$

где  $w_m$ ,  $w_{qmax}$  – максимальная осевая упругая деформация кольца при изгибе, соответственно под действием массы заготовки и магнитного поля стола;  $w_{qк}$  - контактная деформация торцевой поверхности кольца с плоскостью стола.

При шлифовании торца к осевой деформации добавляется максимальная осевая упругая деформация кольца при изгибе  $w_{рmax}$  под действием радиальной составляющей силы резания, приложенной в центре пролёта между опорами, и контактная деформация торцевой поверхности кольца с плоскостью стола  $w_{рк}$ :

$$w_p = w_{pmax} + w_{pk}$$



Контактную деформацию гладкой поверхности стола и шероховатой волнистой торцевой поверхности заготовки кольца определяли методом Н. Б. Дёмкина. Проведённая оценка величины контактных деформаций позволяет сделать вывод, что её величина для исследуемых колец при наибольших нагрузках не превышает трёх процентов допуска плоскостности. В связи с этим в дальнейших расчетах влияние контактных деформаций не учитывали. Экспериментальные исследования осевых деформаций колец под действием магнитного поля стола подтверждают это предположение.

Из таблицы следует, что для рассматриваемых колец  $\alpha_1 = 2\pi r/C > 10$ ,  $\alpha_2 = 0,5(D - D_1)/r < 0,2$ . Выполнение данного условия позволяет использовать для определения максимальных осевых упругих деформаций при изгибе кольца  $w_{pmax}$  и  $w_{qmax}$  теорию стержней малой кривизны.

Максимальная осевая упругая деформация кольца при изгибе  $w_{pmax}$  и  $w_{qmax}$  определяется методом Мора. Статическая неопределимость кольца раскрывается методом сил [2-4].

В общем случае главные центральные оси поперечного сечения кольца  $z$  и  $y$  могут быть наклонены по отношению к плоскости кольца (см. рис. 1, б). Для облегчения дальнейших вычислений целесообразно ввести вспомогательные коэффициенты:  $\eta_y = I_{yc}/I_{zc}$ ;  $\eta_{zy} = I_{yczc}/I_{zc}$ ;  $\eta_k = EI_y I_z / (GI_{zc} I_k)$ ; где  $I_k$  - момент инерции сечения при кручении;  $I_{yc}$ ,  $I_{zc}$ ,  $I_y$ ,  $I_z$ ,  $I_{yczc}$  - осевые и центробежный моменты инерции;  $E$ ,  $G$  - модули нормальной упругости и сдвига материала кольца.

При раскрытии статической неопределимости методом сил разрез кольца располагаем в плоскости симметрии, в точке  $A$  (см. рис. 3), что позволяет использовать свойства симметрии и достаточно определить один неизвестный изгибающий момент [2, 3].

При действии указанной нагрузки максимальная осевая деформация кольца (прогиб)  $w$  возникает в точке  $A$  (см. рис. 3). Используя метод Мора, в полярной системе координат получим [2, 3]:

$$w = \frac{rI_{zc}}{EI_z I_y} \sum_{i=1}^n \int_{\varphi_i} [\eta_y M_{zci} M'_{zci} + \eta_k M_{ki} M'_{ki}] d\varphi_i,$$

где  $M'_{zc}$ ,  $M'_{k}$  - моменты от действия единичной силы;  $M_{zc}$ ,  $M_k$  - моменты в эквивалентной системе.

Окончательные выражения для максимальной осевой деформации кольца при трёх-, четырёх-, пяти- и шестипорном контакте торцевой поверхности кольца с поверхностью стола:

$$w_{q3} = w_{qmax3} + w_{m3} = Ar(63\eta_y + 7\eta_k)(q_c + q_m); \quad (1)$$

$$w_{pmax3} = Ar(96\eta_y + 16\eta_k)P_y; \quad (2)$$

$$w_{q4} = w_{qmax4} + w_{m4} = Ar(18\eta_y + 1,1\eta_k)(q_c + q_m); \quad (3)$$

$$w_{pmax4} = ArP_y(46\eta_y + 6\eta_k); \quad (4)$$

$$w_{q5} = w_{qmax5} + w_{m5} = Ar(7\eta_y + 0,28\eta_k)(q_c + q_m); \quad (5)$$

$$w_{pmax5} = ArP_y(26\eta_y + 3,2\eta_k); \quad (6)$$

$$w_{q6} = w_{q\max 6} + w_{m6} = Ar(3,3\eta_y + 0,1\eta_k)(q_c + q_m); \quad (7)$$

$$w_{p\max 6} = ArP_y(16\eta_y + 2\eta_k); \quad (8)$$

где 
$$A = \frac{r^3 I_{zc}}{EI_z I_y 10^3}.$$

С учетом изменения количества опор при закреплении кольца магнитным полем стола станка осевая упругая деформация будет равна:

$$w_q = y_i + w_{qi}, \quad (9)$$

где  $y_i$  – уровень (мкм), соответствующий  $i$ -му количеству опор ( $y_3$  принимаем равным нулю) (см. рис. 4);  $w_{qi}$  – осевая деформация при  $i$  опорах,  $3 \leq i \leq 6$ . Алгоритм вычисления максимальной осевой упругой деформации кольца под действием магнитного поля стола и массы кольца по (9) приведён на рисунке 5.

Максимальная осевая упругая деформация при закреплении кольца магнитным полем стола станка и действии радиальной составляющей силы резания с учетом изменения количества опорных контактов будет равна:

$$w_{\max} = y_i + w_{qi} + w_{pi}. \quad (10)$$

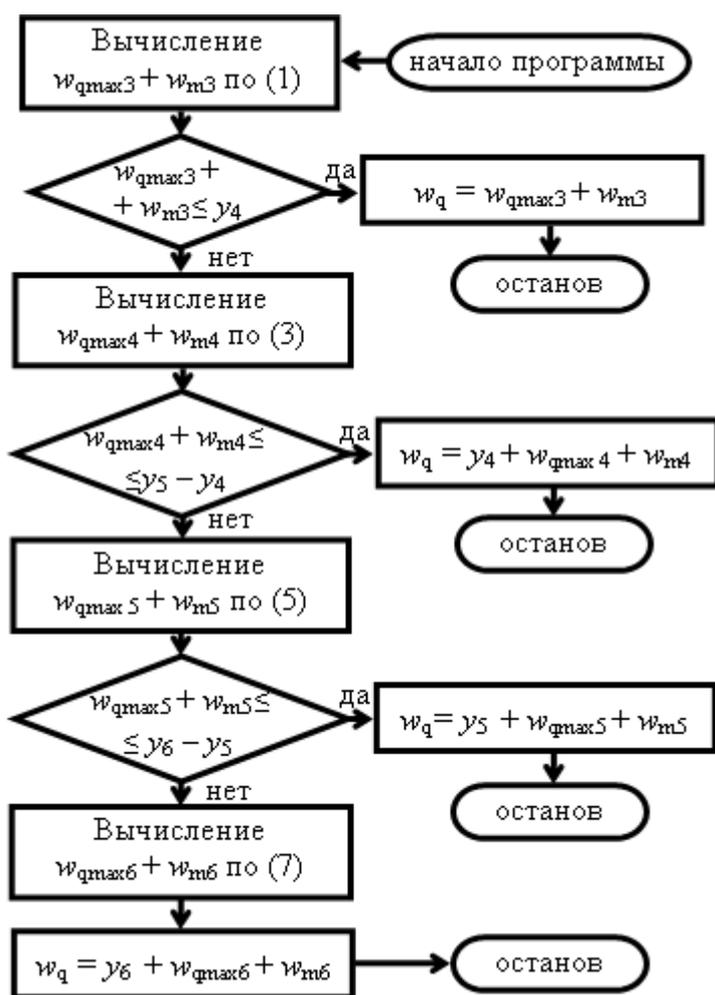


Рисунок 5 - Алгоритм вычисления максимальной осевой упругой деформации кольца под действием магнитного поля стола станка и массы кольца

Алгоритм вычисления максимальной осевой упругой деформации кольца по (10) приведён на рисунке 6.

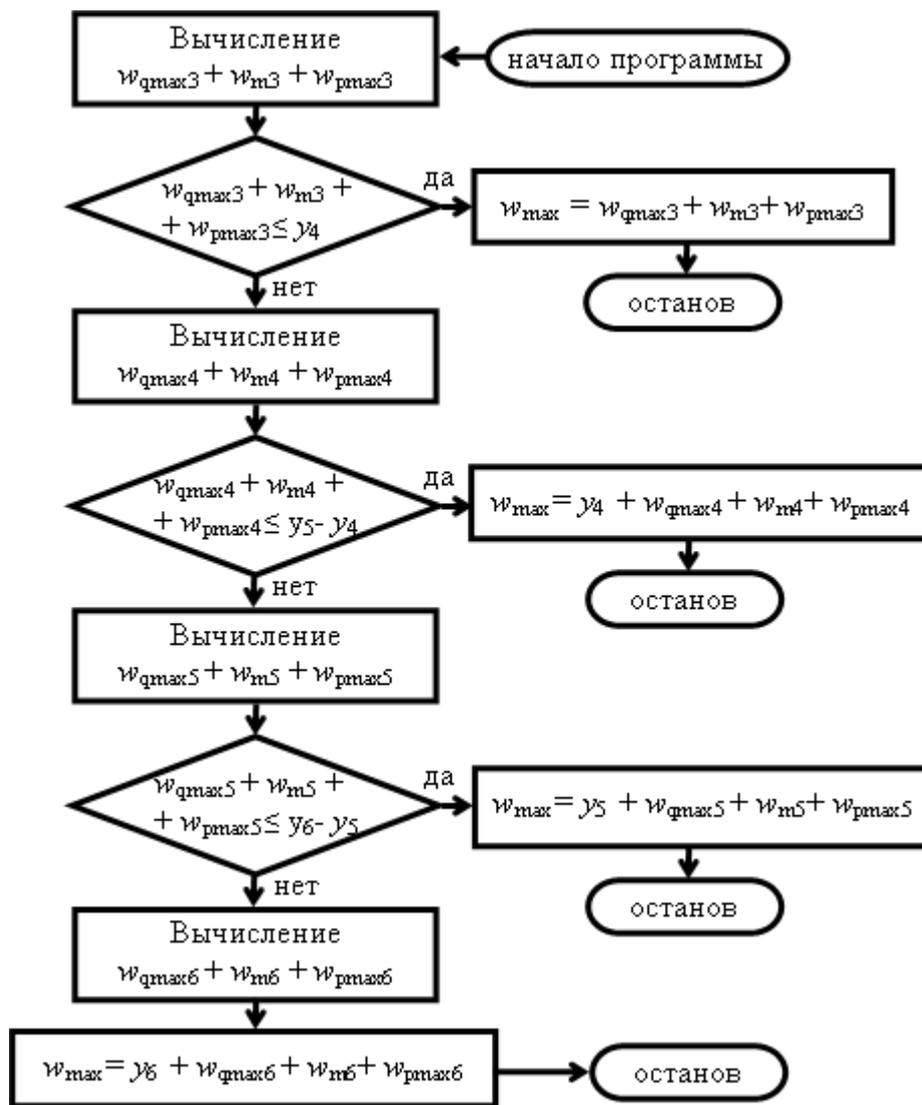


Рисунок 6 - Алгоритм вычисления максимальной осевой упругой деформации кольца под действием магнитного поля стола и радиальной составляющей силы резания

Для расчета допустимой осевой упругой деформации кольца предложена следующая формула:

$$[\Delta] = \lambda \Delta - \Delta_m,$$

где  $\lambda$  - коэффициент запаса точности;  $\Delta$  - допуск плоскостности торцевой поверхности на операции шлифования;  $\Delta_m$  - допуск плоскостности при шлифовании жёсткой заготовки, определяемый из справочной литературы.

Для исследуемых колец принято  $\lambda = 0,75$ ;  $\Delta = 25$  мкм. Для кольца У-7866А.01  $\Delta_m = 7,5$  мкм; для кольца 1077756.01  $\Delta_m = 9$  мкм.

Применимость магнитного поля стола для закрепления заготовки кольца определяется условием:

$$w_q \leq [\Delta]. \quad (11)$$

При  $w_q > [\Delta]$  кольцо на столе станка закрепляется с помощью упоров.

Как показывает практика, получение требуемой шероховатости торцевой поверхности кольца подшипника возможно без использования выхаживания. Выхаживание при-

меняют для обеспечения допуска плоскостности. Основное время обработки возрастает при этом в среднем на 40%.

При закреплении заготовки кольца магнитным полем стола возможность шлифования без выхаживания определена неравенством:

$$w_q + w_p \leq [\Delta]. \quad (12)$$

При шлифовании заготовки кольца с закреплением упорами возможность шлифования без выхаживания определена неравенством:

$$w_p + w_m \leq [\Delta]. \quad (13)$$

В условиях (11) - (13) используются математические модели упругих осевых деформаций кольца (1) - (8).

Для стандартных плит на основе магнитотвердых ферритов (ГОСТ 16528) и электромагнитных плит (ГОСТ 30273) класса точности *A* удельная сила притяжения *p* должна быть не менее 0,16 МПа [5]. Интенсивность равномерно распределенной нагрузки *q<sub>c</sub>* от действия магнитного поля стола на кольцо будет равна  $q = pb = 0,16b$ , где  $b = (D - D_1)/2$  – ширина базового торца заготовки кольца (см. рис. 1, б).

Исходя из проведенных исследований, разработан способ устранения изогнутости торцов колец шлифованием, при котором шлифование первого торца производится без действия магнитного поля стола с радиальной составляющей силы резания *P<sub>y</sub>*, обеспечивающей осевую деформацию (максимальный прогиб) меньше допуска плоскостности торцов [6].

Величина силы *p<sub>y</sub>* приведённой к ширине торцевой поверхности принята равной 16,2 Н/мм. Эта величина получена из условия обеспечения отсутствия шлифовочных прижогов и параметра шероховатости  $Ra \leq 2,5$  мкм при максимальной производительности процесса.

Для кольца У-7866А.01 проверим условие применимости магнитного поля стола (11):

$$w_{q3} = w_{qmax3} + w_{m3} = 317 + 2 = 319 \text{ мкм} > y_4 = 5,8 \text{ мкм},$$

находим:  $w_{qmax4} + w_{m4} = 75 + 0,5 = 75,5 \text{ мкм} > y_5 - y_4 = 9,6 - 5,8 = 3,8 \text{ мкм};$

находим:  $w_{qmax5} + w_{m5} = 26 + 0,2 = 26,2 \text{ мкм} > y_6 - y_5 = 14,8 - 9,6 = 5,2 \text{ мкм},$

$$y_6 = 14,8 > [\Delta] = 11,3 \text{ мкм}.$$

Условие (11) не выполняется. Для закрепления кольца на столе станка необходимо использовать упоры.

Проверяем выполнение условия шлифования без выхаживания (13):

$$w_{m5} + w_{pmax5} = 0,2 + 34 = 34,2 \text{ мкм} > y_6 - y_5 = 14,8 - 9,6 = 5,2 \text{ мкм}$$

$$y_6 = 14,8 > [\Delta] = 11,3 \text{ мкм}.$$

Условие (13) не выполняется. Для кольца рекомендуется шлифование с выхаживанием.

Для кольца 1077756.01 проверим условие применимости магнитного поля стола (11):

$$w_{q3} = w_{qmax3} + w_{m3} = 14 + 0,3 = 14,3 \text{ мкм} > y_4 = 3,6 \text{ мкм};$$

находим:  $w_{qmax4} + w_{m4} = 3,3 + 0,1 = 3,4 \text{ мкм} > y_5 - y_4 = 6,7 - 3,6 = 3,1 \text{ мкм};$

находим:  $w_{qmax5} + w_{m5} = 1,2 + 0,03 = 1,23 \text{ мкм} < y_6 - y_5 = 9,7 - 6,7 = 3,0 \text{ мкм};$

$$w_q = y_5 + w_{qmax5} + w_{m5} = 6,7 + 1,2 + 0,03 = 7,93 \text{ мкм} < [\Delta] = 9,7 \text{ мкм}.$$

Условие (11) выполняется. Для закрепления кольца на столе станка применимо магнитное поле станка.

Проверяем выполнение условия шлифования без выхаживания (12):

$$w_{qmax5} + w_{m5} + w_{pmax5} = 1,2 + 0,03 + 1,5 = 2,73 \text{ мкм} < y_6 - y_5 = 9,7 - 6,7 = 3 \text{ мкм};$$

$$w_{qmax5} + w_{m5} + w_{pmax5} + y_5 = 1,2 + 0,03 + 1,5 + 6,7 = 9,43 \text{ мкм} < [\Delta] = 9,7 \text{ мкм}.$$

Условие шлифования без выхаживания выполняется. При этом кольцо от действия магнитного поля стола и радиальной составляющей силы резания опускается до пяти опорного контакта с поверхностью стола.

Кольцо 1077756.01 рекомендуется шлифовать с закреплением магнитным полем стола без выхаживания.

Выводы.

Разработаны математические модели и алгоритмы для определения осевой деформации при шлифовании колец крупногабаритных подшипников с начальными отклонениями от плоскостности торцов.

Получены условия обеспечения заданного допуска плоскостности торцевой поверхности кольца подшипника, учитывающие осевую деформацию кольца под действием магнитного поля станка и радиальной составляющей силы резания.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коротков Б.И., Коротков С.Б., Тышкевич В. Н., Орлов С.В. Исследование процессов шлифования внутренних и наружных конусов деталей класса колец / Под ред. Б. И. Короткова. Волгоград: ВолгГТУ. 2007. 133 с.
2. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. Т. 1/ Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1968. 832 с.
3. Nosenko V.A., Tyshkevich V.N., Orlov S.V., Svetlichnaya V.B. *The determination of axial displacements during bearing end face grinding*//Journal of Machinery Manufacture and Reliability, Volume 39, Issue 3, April 2010, Pages 157-160
4. Kopetskii A.A, Nosenko V.A., Tyshkevich V.N. *Influence of Shift of Clamping Forces on Elastic Deformations of the Bearing Ring in a Jaw Gripper*//Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2014, Volume 43, No. 1, pp. 55-59
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2/ Под редакцией А.М. Дальского и др. М.: Машиностроение-1, 2003. 944 с.
6. Орлов С.В., Тышкевич В.Н., Коротков Б.И., Носенко В.А. Способ устранения изогнутости торцов деталей класса колец шлифованием. Патент 2370354 РФ, МПК В 24 В7/04, 2009.

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Поляничкин Н.М., студ. гр. ВА3-696, Чернова Г.А., доц., науч. рук.

Общество с ограниченной ответственностью «ТРАНСТЕХ» в г. Волжском образовано 3 декабря 2001 года, является дочерним предприятием ОАО «ЕПК Волжский» и входит в состав ОАО «Европейская подшипниковая корпорация».

Основным видом деятельности компании являются транспортные услуги (грузоперевозки). Волжский является крупным транспортным узлом, центром промышленности, что позволяет ООО "ТРАНСТЕХ" успешно вести свою деятельность на рынке транспортных услуг уже более 12 лет.

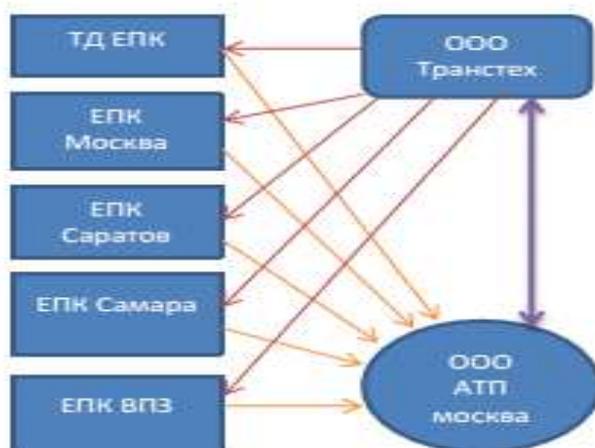
Также предприятие оказывает услуги по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств, услуги по проведению предрейсового и послерейсового медицинского осмотра.

Парк грузовых автомобилей составляет 43 ед. и состоит из легковых – 4 ед., грузовых бортовых -5 ед., самосвалов – Зил-ММЗ-4505, КамАЗ-5511 – 12 ед., седельные тягачи – КамАЗ-54115А, -5410, СКАНИЯ-114 – 16 ед., специальных транспортных средств – 6 ед.

Разнообразный состав транспортных средств по грузоподъемности дает возможность перевозить грузы различной номенклатуры, класса и объемов, осуществлять городские, пригородные и междугородные грузоперевозки.

В настоящее время в списке клиентов ООО «ТРАНСТЕХ» более 200 организаций. В основном это строительные, торгующие организации и крупные промышленные предприятия, такие как ОАО «ЕПК Волжский», ООО «Торговый дом ЕПК», ОАО «ЕПК Москва», ОАО «ЕПК Самара», ОАО «ЕПК Саратов», ЗАО «Газпром химволокно», ОАО «Волжский Оргсинтез», ОАО «ВАТИ», ЗАО «ВРТ», ОАО «ВРШРЗ» и другие.

Основными потребителями транспортных услуг ООО «ТРАНСТЕХ» являются ОАО «ЕПК Волжский» и предприятия входящие в ОАО «ЕПК». Парк магистральных автопоездов предприятия осуществляет доставку готовой продукции ОАО «ЕПК» на склады филиалов ООО «ТД ЕПК», расположенные на территории России и Белоруссии.



Специализированный подвижной состав и строительная техника позволяют оказывать соответствующие услуги, осуществлять перевозку сыпучих грузов, производить земляные работы, транспортировку опасных отходов.

Имеющаяся ремонтная база и необходимое гаражное оборудование позволяют производить мойку, диагностику, техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт транспортных средств.

Основной работы ООО «ТРАНСТЕХ» заключается в оптимизации затрат за счёт применения логистических технологий, позволяющих уменьшить время обмена информацией и ускорения заключения договоров с поставщиками и клиентами, уменьшения простоев в пунктах погрузки и разгрузки, сокращения порожних рейсов за счёт перевозки грузов в прямом и обратном направлениях.

Существующий парк транспортных средств позволяет в настоящее время перевозить 32037 тонн груза, грузооборот составляет 15110376 ткм, среднее расстояние перевозки груза составляет 472 км, количество ездов с грузом 7134, коэффициент использования пробега составляет 0,77.

Анализ показал, что имеются резервы провозной возможности в части уменьшения холостых пробегов 334824 км за счёт исключения порожних рейсов.



Рис. 1. Система Флит – менеджмента нового поколения

В настоящее время связь ООО «ТРАНСТЕХ» с АТП, расположенной в г. Москве осуществляется с применением навигационная системы ARNAVI Глонасс /GPS. На автомобилях с целью соблюдения режима труда и отдыха водителями установлены цифровые тахографы «Штрих тахо-gus».

В связи с огромным количеством участников перевозочной деятельности необходимо совершенствование логистических технологий. Для успешного развития предприятия существует рабочая система, которая автоматизирует все ключевые бизнес-процессы, создаст единое информационное пространство, покажет в режиме реального времени состояние бизнеса и поможет сделать его более прибыльным. Именно таким решением является программа SAP.

С помощью этой системы можно автоматизировать все бизнес-процессы предприятия, в т. ч. - управленческий учет; - автоматизацию бюджетирования; - снабжение и обработка закупок; - управление производством; - управление запасами и складами; - сбыт и распределение; - финансовый учет; - аналитика.

Основным продуктом компании SAP являются системы ERP (*Enterprise Resource Planning*) – **планирование ресурсов предприятия**.

Обозначение «SAP» в большинстве случаев подразумевает другую аббревиатуру: **SAP R/3**, где «R/3» — краткое обобщённое название интегрированной автоматизированной системы управления. Буква **R** из R/3 является начальной буквой слова «**Realtime**» и означает немедленную проводку и актуализацию данных, которые в рамках интеграции немедленно доступны всем заинтересованным отделам предприятия. Цифра **3** означает, что в системе реализована архитектура клиент/сервер приложений/система управления базами данных (**трехзвенная модель**).

С помощью этой системы возможно гибко и эффективно использовать имеющиеся ресурсы и планировать маршруты. (рис.2)

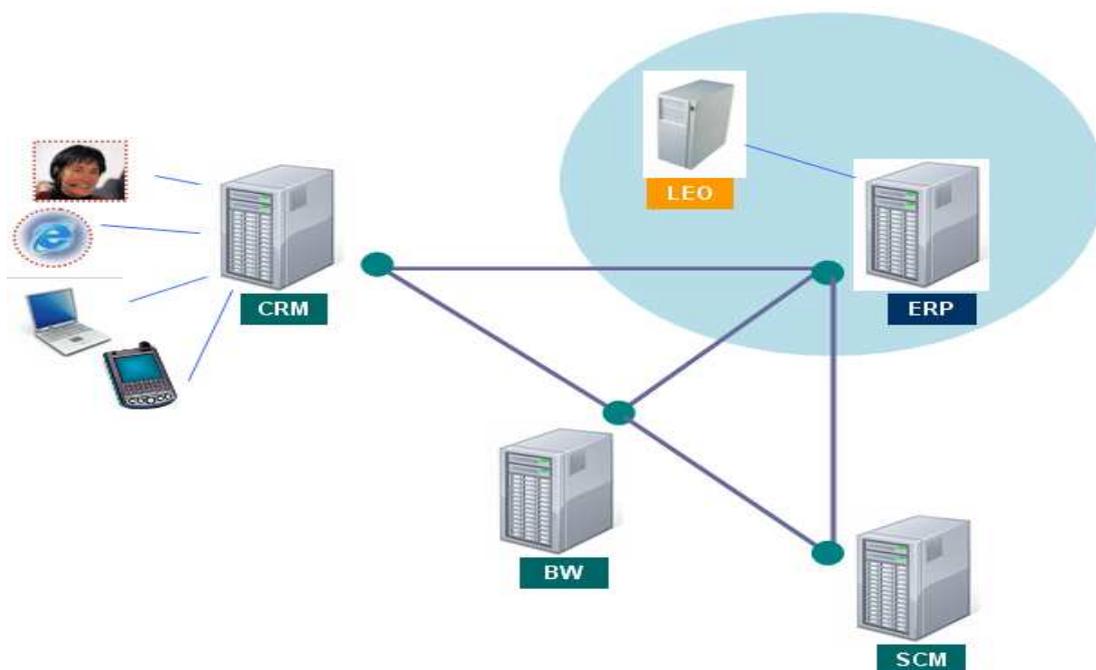


Рис.2. Основной продукт SAP

**Существует 5 главных систем, которые используются в процессах SAP:**

- система **BW (businesswarehouse)** (хранилище бизнес-информации) – это инструмент отчетности и анализа.
- в системе **SCM (supplychainmanagement)** происходит планирование спроса, использует данные прошедших продаж для прогнозирования будущих.
- **SRM (salesresourcemanagement)** означает управление взаимоотношениями с поставщиками и имеет отношение к поставщикам.
- Система **CRM (customerresourcemanagement)** предназначена для ввода информации о заказчиках и заказах.
- Система **ERP (EnterpriseResourcePlanning)** обладает функциями исполнения, основные данные хранятся здесь.

В системе SAP процесс доставки будет выглядеть следующим образом: после попадания заказа в централизованную систему по обработке заказов происходит изменение статуса заказа в статус доставки. Для понимания: № клиента, название, кол-во упаковок (то, что видно при диспетчеризации).

Далее доставка попадает в систему LEO, где производится планирование маршрутов в соответствии с имеющимися ресурсами.

Путь доставки от ввода заявки до непосредственно клиента. Заказ размещается в системе, происходит кредит-контроль, проверка на наличие продукции на складе. Далее происходит подтверждение заказа, преобразование его в исходящую доставку и передача его диспетчерам для дальнейшей обработки. Диспетчер в программе LEO создает маршруты и передает их дальше на склад, где они набираются. Автомобили загружаются товаром, в это же время оформляются и печатаются бумажные документы для водителя. Далее происходит непосредственно сама доставка продукции клиенту.

Литература

Некрасов А.Г. Применение интегрированных логистических технологий с использованием международных стандартов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.integros.ru/press-centre/publications/62-pub-pilt-yar.html>

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ НИВЕЛИРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МОНТАЖА И НАСТРОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.П. Лариков<sup>\*</sup>, С.Н. Павлов<sup>\*\*</sup>, А.А. Самсонов<sup>\*\*</sup>, В. Н. Тышкевич<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>ООО «Магма-В», <sup>\*\*</sup>ООО «Геоприбор», <sup>\*\*\*</sup>ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ

На промышленных предприятиях для контроля монтажа и настройки оборудования применяются, в основном, механический (например, с использованием струны) или оптический способы и методы. В последнее время стали применяться системы, сочетающие оптические, лазерные, электронные средства. Ключевой здесь является лазерная техника, среди которой имеются отличия по точности, времени измерений, обслуживании и др.

ООО «Геоприбор», ООО «Магма-В», Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ предлагают собственные технические решения в виде координатно-измерительных систем, которые включают универсальные приспособления: нивелиры лазерные (НЛ) с жидкостными компенсаторами наклонов (ЖКН), комплект нивелирных реек (НР), лазерные дальномеры. Для выполнения оперативного высокоточного контроля монтажа и настройки оборудования на различных промышленных предприятиях предлагается следующее основное оборудование:

- 1) нивелир лазерный НЛ-05К с жидкостным компенсатором наклона 2-х классов: прецизионный (средняя квадратическая погрешность (СКП)  $\pm 0,05$  мм на расстоянии 30 м); высокоточный (СКП  $\pm 0,15$  мм на расстоянии 30 м). Лазерный нивелир защищен патентами, имеет свидетельство об утверждении типа средств измерений.
- 2) однокоординатно-измерительная система КИС-1,
- 3) двухкоординатно-измерительная система КИС-2,
- 4) трехкоординатно-измерительная система КИС-3,
- 5) пятикоординатно-измерительная (3 линейных и 2 угловых координаты) система КИС-5 для центровки валопроводов ( $\pm 0,1$  мм / 30 м),
- б) пентаблок разворота лучей на  $90^\circ \pm 2''$ ,
- 7) рейка нивелирная высотой 0,25 м и 1,6 м,
- 8) дальномер лазерный: а) Д5 (дальность 200 м  $\pm 1$  мм), б) Д3 (дальность 100 м  $\pm 1$  мм).

Работы могут выполняться работниками предприятий на вышеприведенном приобретенном оборудовании самостоятельно или предприятия могут заказать определенные работы, которые будут выполнены нашими специалистами.

Требования к точности монтажа оборудования постоянно повышаются. Соблюдение или сокращение сроков качественного монтажа возможно при постоянном наличии в распоряжении монтажников измерительных средств, которые позволяют, оттолкнувшись от геодезического обоснования, вести монтаж с более высокой точностью на отдельном и технологически связанном оборудовании. При позиционировании монтируемых агрегатов исполнителям необходима надежная и оперативная обратная связь для контроля результатов монтажа. Оптимальным является наблюдение за пространственным перемещением объектов монтажа. Применяемые с 80-ых годов прошлого века оптические лазерные средства контроля (ОЛСК) обеспечивали монтажников такой возможностью (электронные средства добавились позднее). При этом нет необходимости присутствия на площадке геодезиста или обучения монтажников знаниям и навыкам работы геодезиста высокой квалификации. Этот положительный момент отмечался при применении ОЛСК на монтажных площадках Дальневосточного металлургического завода (г. Комсомольск-на-Амуре), металлургического завода «Красный Октябрь» (г. Волгоград), Волжского трубного завода. При массовой установке контролируемых элементов на одну высотную отметку (например, выверка опорных пластин) при операции позиционирования отмечалось повышение производительности в сравнении с традиционными методами в 2-5 раз. Требуемая точность была выполнена с помощью ОЛСК и для контроля подтверждена высокоточными геодезическими приборами. Также при строительных работах (подготовка фун-

дамента, заливка анкерных болтов) при применении ОЛСК существенно снижается вероятность необходимости исправления возможных ошибок строительного этапа.

С помощью ОЛСК определенные задачи решаются одним универсальным прибором, тогда как при традиционных способах те же задачи решаются с помощью нескольких измерительных приборов или за несколько подходов. Например, с помощью одного НЛ при выверке горизонтальности (нивелировании) линейных объектов доступен контроль прямолинейности (2 координаты), а также контроль перекоса осей вращения роликов относительно оси рольганга (3-я координата). При этом в отличие от способов с использованием струн, поверочных линеек с инструментальными уровнями не загромождается зона монтажа, причем наиболее прецизионные устройства выносятся из монтажной зоны и не подвергаются воздействию механических нагрузок от удара и вибрации, риску воздействия от сварочных работ.

Измерения с СКП порядка  $\pm 0,05$  мм в условиях монтажной площадки на расстоянии порядка десятков метров традиционно выполняются средствами оптических геодезических приборов, практически не имеющими альтернативы. Неблагоприятные факторы внешней среды (запыленность, низкий уровень освещенности, перепады температур, воздушные потоки, производственные вибрации и другие) затрудняют проведение измерений с точными и стабильными результатами. Решения, базирующиеся на применении ОЛСК, приспособлены к неблагоприятным факторам в силу высокой энергии пучка, наличия эффективных средств его пространственной стабилизации, усреднения случайных погрешностей флуктуации тракта и вибраций при электронном считывании и обработки сигнала. Монохромность измерительного пучка облегчает фильтрацию и выделение полезного сигнала на фоне помех.

Высокие по точности возможности приборов типа НЛ позволяют не только контролировать пространственную ориентацию и взаимное расположение опорных поверхностей и агрегатов в производственной линии, но и при необходимости контролировать точность изготовления оборудования на машиностроительных предприятиях. В спорных ситуациях лазерные нивелиры позволяют выявить возможные неточности в изготовлении оборудования, т.е. НЛ можно использовать и для входного контроля оборудования.

### **Примеры применения предлагаемых типов лазерных нивелиров в промышленности**

В хронологическом порядке первые опыты применения предлагаемых НЛ были в самолетостроении (на авиационном заводе им. Ю.А. Гагарина в г. Комсомольске-на-Амуре). Одной из первых модификаций НЛ является прибор модели ЛНС-10НВМ, выпущенной в 1984 году силами лаборатории лазерной техники и технологии (ЛЛТТ) Комсомольского-на-Амуре политехнического института, где в свое время работал один из авторов данной статьи. Успешное применение НЛ на агрегатно-сборочном и сборочном производствах авиазавода (г. Комсомольск-на-Амуре) привлекло внимание специалистов строительной лаборатории треста «Металлургпрокатмонтаж» Минмонтажспецстроя СССР. Специалистами «Металлургпрокатмонтаж» впервые прибор ЛНС – 10НВМ был применен в мае 1985 года на металлургическом заводе г. Электросталь Московской области при монтаже клетей № 11 и № 13, промежуточных рольгангов от клетки № 10 стана «350/250». С помощью прибора были выверены плитовины клетей № 11 и № 13, сделана нивелировка рольганга методом автоколлимации с применением инструментальной призмы и отражающего зеркала. Точность выполненных с применением НЛ работ контролировалась традиционными инструментальными методами, которые были не в состоянии обнаружить, например, погрешность перекоса осей роликов, находящуюся за пределами их разрешающей способности.

В июле 1985 года этот же прибор ЛНС – 10НВМ использовался при монтаже прессы с усилием 8000 т производства фирмы «Девин-Леви» на НПО «Баррикады» (г. Волгоград). Была проделана работа по установке опорных плит под опоры и столы. Лазерный

нивелир обеспечил требуемую точность монтажа  $\pm 0,05$  мм, причем к работам геодезист не привлекался.

В 1986 и 1987 г. прибор ЛНС – 10НВМ успешно применялся для монтажа на металлургическом заводе в г. Кольчугино, на Выксунском металлургическом заводе, на Волжском трубном заводе, на трубном заводе в г. Волгограде, на Новолипецком металлургическом комбинате и др.

Следующим этапом стало применение более совершенного прибора ЛНС – 12А, разработанного и изготовленного в 1988 г. В том году ЛНС – 12А был применен при реконструкции металлургического завода «Красный Октябрь» (г. Волгоград). В акте испытаний ЛНС – 12А указано, что при контроле оси проката клетки «кварто» стана «2000» лазерная техника показала в 5 раз более высокую точность в рабочей зоне от 1 до 400 м по сравнению с теодолитом 2Т5. Также ЛНС – 12А использовался при монтаже болтов перед заливкой бетоном. При монтаже вертикальной клетки и клетки «кварто» стана «2000» прибор ЛНС-12А с узлом пентапризмы дал в 2,5 раза более точные показания, чем были бы показания с использованием нивелира Н05, теодолита 2Т5, инструментальной линейки с точным уровнем, струны, отвеса и др., причем процесс монтажа был ускорен в несколько раз. На том же стане «2000» при монтаже методических печей на одну высотную отметку были установлены 80 пластин, затем приварены к металлоконструкциям печей. Выверка пластин производилась с помощью ЛНС-12А и магнитной рейки со скользящей шкалой. В акте испытаний ЛНС-12А указано, что рабочие за 10 минут освоили новую технику и технологию монтажа, темп работы повысился в 2 раза, улучшились условия труда, техпроцесс стал возможен без участия геодезиста. В ноябре 1988 года при монтаже листопрямильных машин стана «2000» применение ЛНС-12А позволило в 2 раза снизить трудоемкость монтажа оборудования.

Необходимо отметить определенный положительный опыт самостоятельного применения нивелиров с 1990 года по настоящее время на прессе «5500» и прессе «2000» ТПЦ-2 Волжского трубного завода, куда одним из авторов данной статьи были поставлены аналоги НЛ-05К. С помощью данного оборудования одними и теми же специалистами от разных организаций г. Волжского (ООО «ЛОТ», ООО «ЗИЛ») в период с 1992 по 2004 год выполнялись договорные работы на Волжском трубном заводе. В электросталеплавильном цехе (ЭСПЦ) с помощью нашего оборудования были найдены превышения точек посадочных мест подины и роликов. Преимуществом наших НР в данном случае оказалась возможность установки НР вертикально, т.к. у нашей НР имеется плоская опорная пятка. Высотное положение направляющей портала электросталеплавильной печи ЭСПЦ ранее не измерялось, т.к. обычное оборудование здесь применить невозможно из-за сплошных зон затенения, которые легко преодолеваются нашими НЛ с ЖКН и короткими НР. Высотное положение рельса сталевоза определили с помощью нашего оборудования. Измерения проводились в полутемном запыленном помещении без подсветки, т.к. наш НЛ является источником света. Для обычных геодезических нивелиров нужна была бы хорошая подсветка с помощью мощных осветительных приборов. Аналогично в условиях темного запыленного помещения нашим оборудованием была проведена проверка положения оси электродвигателя относительно оси редуктора на кране № 17 ЭСПЦ, положения вала электродвигателя крана № 23 на «сталь-ковше» ЭСПЦ. В механическом цехе № 2 Волжского трубного завода в 2001-2004 годах с помощью нашего оборудования определялись отклонения от прямолинейности и плоскостности на уникальных токарных и фрезерных станках (примерно на 10 станках по 2-4 формуляра на каждом станке), а также контролировались подкрановые пути.

В настоящее время наибольшее распространение предлагаемые лазерные нивелиры получили в авиационной и металлургической отраслях. Так, на Воронежском авиастроительном объединении работают 2 трехкоординатно-измерительные системы, на Казанском вертолетном заводе – 3 двухкоординатно-измерительные системы. НЛ-05К работают на

вертолетном заводе г. Улан-Удэ и авиазаводе г. Комсомольск-на-Амуре. Примеры применения лазерных нивелиров в металлургической отрасли приведены выше.

Лазерные нивелиры нашли применение и в других отраслях промышленности. На заводе органического синтеза г. Волжский в 2003 году были проведены измерения вертикальности направляющих газгольдера для водорода, а также в 2013 году измерения объемов емкостей с щелочью и кислотой. На заводах нефтехимического машиностроения (г. Димитровград - 2011 г., г. Пенза - 2012 г.) применялись КИС для разметки внутри колонных аппаратов. НЛ-05К с пентаблоком применялись на 5 целлюлозно-бумажных предприятиях России (1990 – 2001 г.г.).

### **Преимущество предлагаемых лазерных нивелиров перед лазерными трекерами**

Предлагаемые НЛ являются отечественными разработками и в отличие от иностранных разработок аналогичных приборов, например, лазерных трекеров («Tracker»), имеют, по нашему мнению, следующие преимущества:

1) Более низкая стоимость единицы продукции (координатно-измерительной системы с НЛ по сравнению с координатно-измерительной системой с трекером). Разработанная нами координатно-измерительная система КИС-3, включающая 3 лазерных нивелира, 3 рулетки (или лазерных дальномера), 2 пентаблока разворота лучей, дешевле КИС с одним лазерным трекером примерно в 6 – 20 раз.

2) Меньшее количество КИС с НЛ для решения многих задач. Часто достаточно одной нашей КИС, тогда как для успешной оперативной работы трекера желательно иметь минимум 2 комплекта из-за «теневых» зон, т.к. перестановка одного комплекта приведет к потерям времени. Отказ одного из элементов трекера приводит к ремонту всего трекера. Отсюда, возрастают затраты на приобретение и ремонт лазерных трекеров. В нашей КИС отсутствуют «теневые» зоны, вышедший из строя элемент можно заменить на оставшийся в наличии.

3) Более низкие трудозатраты при применении НЛ. С помощью НЛ измерения оптимально производить 1 или 2 человеками (специалист и его помощник), тогда как лазерным трекером - не менее 2-3 специалистами (Для сравнения: еще более высокие трудозатраты в самолетостроении. Например, для работ по измерению самолета требуется работать 2 трекерами 6 инженерам в 3 смены).

4) Более простое обучение работе с НЛ. Возможно обучение работе с КИС (с НЛ) за 1 рабочий день, а для освоения КИС с трекером требуется в несколько раз больше времени.

5) Более простая эксплуатация НЛ. Для трекеров необходимо предварительно составить схему измерений и программу обработки результатов измерений. Все это сводит быстрое действие трекеров к времени измерений обычным способом. Ниже приводится пример применения трекера в трубопрокатном цехе № 3 Волжского трубного завода в 2013 г.

6) Более высокая точность (в 2-6 раз). У трекеров не указаны погрешности базирования отражателя, равные 0,1 мм и другие погрешности. Таким образом, реальная СКП трекеров на изделии равна  $\pm 0,1$  мм на расстоянии 10 м,  $\pm 0,5$  мм на расстоянии 30 м, тогда как СКП нивелиров лазерных  $\pm 0,05$  мм на расстоянии 30 м.

7) Точность НЛ не зависит от изменений температуры контролируемого стального изделия, тогда как у трекера не делаются поправки к точности в зависимости от изменений температуры контролируемого стального изделия, влияющих на размеры изделия.

Волжский трубный завод в 2010 г с помощью одной из фирм г. Санкт-Петербурга приобрел трекер для контроля установок непрерывной разливки стали ЭСПЦ. В результате заявленная по характеристике трекера точность не была достигнута, сложности применения трекера в неблагоприятной цеховой среде не позволили эксплуатировать трекер эффективно, работниками ВТЗ трекер так и не был освоен в должной мере, ВТЗ оплачивал Санкт-Петербургской фирме отдельно за работы по измерениям трекером. В то же время, как отмечалось выше, в трубопрессовом цехе № 2 ВТЗ (на прессах «5500» и «2000») дос-

таточно легко были освоены нивелиры, которые применяются там с 1990 года по настоящее время.

В 2013 году на Волжском трубном заводе во время капремонта ТПА «159-426» ТПЦ-3 были выполнены работы по контролю осей прокатки калибровочного и непрерывного станом с использованием API «Tracker3». Работы проводились в течение 2-х дней 3 специалистами одной из фирм г. Выкса. Обработанные результаты были выданы только через 2 недели, что показывает низкую оперативность использования трекара, т.к. оптимальным является оперативная выдача результата с целью немедленного исправления неточности настройки оборудования, как правило, в течение текущего планово-предупредительного или капитального ремонтов. Впоследствии фирмой из г. Выксы было сокращено время на обработку результатов, но в любом случае для КИС с НЛ-05К не требуется затрат времени для предварительной подготовки программы, как для «Tracker», в зависимости от задач.

Считаем, что данные работы более эффективно проводить (даже силами самих заводчан), используя координатно-измерительную систему с НЛ-05К. В настоящее время авторами данной статьи найдены технические решения, позволяющие производить контроль оси прокатки по центрам калибров валков многоклетевых станом непрерывного типа. Необходимо освоение данных технических решений на практике.

Сравнительная характеристика КИС с API «Tracker3», примененной на ВТЗ, и КИС с НЛ-05К приведена в таблице 1.

**Таблица 1 - Сравнительная характеристика КИС с API «Tracker3» и КИС с НЛ-05К**

Характеристика	КИС с API «Tracker3»	КИС с НЛ-05К
Угловое разрешение, угловых секунд	$\pm 0,07$	$\pm (0,3 - 1)$
Угловая погрешность внутреннего выравнивания, угловых секунд	$\pm 2$	$\pm (0,3 - 1)$
Точность объемных измерений	$10^{-5}$	$(2 - 6) \times 10^{-5}$
Разрешение, мкм	1	30
Повторяемость, мкм/м	2,5	5
Абсолютная погрешность:	3-х мерное координатное устройство	(1 - 3)-х мерное координатное устройство
Статическая, мкм/м	$\pm 5$ (25 мкм на 5 м)	$\pm 1,7$ (8,5 мкм на 5 м)
Динамическая, мкм/м	$\pm 10$ (50 мкм на 5 м)	$\pm 5$ (25 мкм на 5 м)
Лазерный интерферометр:		НЛ-05К
Разрешение, мкм	1	10
Относительная погрешность, мкм/м	Свыше 1,0	1,7
Дальномер:	ADM	НЛ-05К
Разрешение, мкм	1	10
Начальная погрешность, до 10 м, мкм	15	10 - 30
Относительная погрешность, свыше 10 м, мкм/м	По 1,5 мкм на каждый метр	По 1,5 мкм на каждый метр

Примечание. Жирным шрифтом выделены данные, показывающие преимущество НЛ.

В настоящее время ООО «Геоприбор» и ООО «Магма-В» (г. Волжский) совместно с Волжским политехническим институтом (филиалом) ВолГТУ предлагают заинтересованным организациям сотрудничество по приобретению, освоению, внедрению и применению координатно-измерительных систем с использованием лазерных нивелиров (в дан-

ное время модели НЛ-05К) для монтажа и настройки оборудования. Для организаций, которые приобретают вышеуказанное оборудование, возможно обучение. Данные разработки КИС являются в настоящее время, по мнению авторов данной статьи, оптимальными по большинству параметров из аналогичного оборудования.

## КАК СОЗДАТЬ ХОРОШИЙ ДВИГАТЕЛЬ

В. В. Староверов, Л. В. Староверова

Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ

Самой распространенной силовой установкой в настоящее время является тепловой двигатель. История двигателестроения перешагнула во второе столетие, однако основные показатели, характеризующие двигатели внутреннего сгорания, такие как удельный расход топлива, уровень шума, выбросы вредных веществ в окружающую среду, материалоемкость, надежность и др. не претерпели существенных изменений с начала прошлого века. Это обосновывает необходимость поиска новых подходов к проблеме совершенствования тепловых двигателей. Одним из путей решения этой проблемы является переход к новым концепциям на принципиальном уровне. Одной из таких концепций является разработка математического аппарата термодинамики нестационарных процессов.

Существующие методы проектирования двигателей внутреннего сгорания, основанные на классической теории транспортных двигателей, базирующейся на термодинамике равновесных стационарных процессов [1-2], не позволяют в настоящее время создавать высокоэффективные двигатели без длительного процесса их доводки в экспериментальных отделах предприятий и институтов. Наиболее рациональными путями повышения топливной экономичности двигателей внутреннего сгорания являются те, которые позволяют перераспределить основные составляющие теплового баланса в направлении сокращения потерь теплоты в систему охлаждения и с отработавшими газами. Для реализации этой концепции необходимо выявить факторы, которые определяют соотношение составляющих теплового баланса, поскольку традиционные методы воздействия на известные факторы уже не дают ощутимых результатов, а существующий уровень эффективности преобразования энергии теплосиловыми установками существенно ниже принципиально возможного. Это позволяет сделать заключение о том, что не все возможные резервы еще использованы и требуется совершенствование теоретических представлений о процессах, происходящих в тепловых двигателях.

Для выявления определяющих факторов и наиболее эффективных направлений их изменения проанализируем известное соотношение, по которому вычисляется значение эффективного КПД:  $\eta_e = \eta_t \eta_g \eta_m$ , где  $\eta_e$  – эффективный КПД двигателя;  $\eta_t$  – термический КПД;  $\eta_g$  – относительный КПД;  $\eta_m$  – механический КПД.

Количество теплоты, уходящее с отработавшими в цилиндре двигателя газами, определяет величину термодинамического КПД ( $\eta_t$ ), который зависит, главным образом, от степени сжатия или, точнее, от степени расширения рабочего тела после сообщения ему теплоты, преимущественно в результате сжигания топлива. Увеличение этого показателя может быть осуществлено за счет повышения температуры и давления рабочего тела в начале расширения или снижения параметров конца расширения. Анализ этих зависимостей показывает целесообразность снижения параметров конца расширения, что осуществимо в роторных двигателях. Для решения этой проблемы необходимо выяснить, чем определяется доля энергии рабочего тела, пошедшая на совершение работы в процессе расширения газов в цилиндре двигателя, и от чего зависит доля энергии рабочего тела, отводимая в форме теплоты в систему охлаждения. Если рассмотреть в этом плане предельные случаи, то можно установить некоторые из факторов, которые оказывают влияние на характер этого перераспределения энергии в процессе расширения. Например, при отсутствии пе-

ремещения поршня в цилиндре двигателя и достаточно хорошей герметизации полости будет иметь место изохорный процесс. В этом случае внутренняя энергия рабочего тела имеет возможность изменяться только в результате энергообмена с окружающей средой в форме теплоты. После сжигания горючего в камере сгорания температура продуктов сгорания рано или поздно станет равной температуре окружающей среды, сколь бы совершенной не была теплоизоляция стенок камеры. При перемещении поршня часть энергии превращается в работу, а некоторая её часть, также как и при неподвижном поршне, передается через стенки в окружающую среду в форме теплоты. По мере увеличения скорости расширения доля энергии, превращающаяся в работу, увеличивается, а отдаваемая в форме теплоты - уменьшается. Это положение наглядно иллюстрируется характером изменения относительного КПД на скоростной характеристике.

Как известно, с увеличением частоты вращения двигателя интенсивность теплообмена уменьшается. Следовательно, можно предположить, что при некоторой скорости расширения доля энергии рабочего тела, отводимая в форме теплоты, станет существенно меньше доли энергии, превращенной в работу. Такой случай можно классифицировать как адиабатное расширение. Здесь необходимо ввести критерий быстроты протекания термодинамических процессов. В качестве такого критерия предлагается использовать закономерность изменения объема термодинамической системы во времени, которая получена на основе соотношений, приведенных в работах Седова Л.И. [3-4]. Согласно этим соотношениям, плотность свободно расширяющегося газообразного вещества обратно пропорциональна квадрату времени, следовательно, объем термодинамической системы пропорционален квадрату времени [5]:  $V = G_0 t^2 / 2$ . Коэффициент пропорциональности ( $G_0$ ) по смыслу является термодинамическим ускорением, имеет размерность  $\text{м}^3/\text{с}^2$  и определяется как вторая производная от объема системы по времени. Введение термодинамического ускорения как новой термодинамической функции открывает широкие возможности для анализа процессов изменения состояния газообразных веществ, позволяя рассматривать их во времени. В этом случае время становится параметром состояния термодинамической системы. Таким образом, предлагается принципиально новый подход к анализу рабочего процесса тепловых двигателей, основанный на сопоставлении скорости расширения рабочего тела в реальном двигателе со скоростью свободного расширения, которая определяется закономерностью изменения объема термодинамической системы во времени, полученной путем введения новой функции состояния - термодинамического ускорения.

Использование систем машинного проектирования устройств, для сжигания горючих, в том числе двигателей внутреннего сгорания, является одним из перспективных направлений совершенствования энергетики, в особенности транспортной. До настоящего времени в процессе разработки новых моделей и доводки существующих двигателей основным методом является экспериментальный, так как аналитическое описание такой многофакторной и многоэкстремальной системы, которой является двигатель внутреннего сгорания, представляет собой чрезвычайно сложную задачу. В качестве одной из основных трудностей при решении этой задачи можно выделить уравнение, описывающее закон тепловыделения в процессе сгорания топлива.

Характер изменения термодинамического ускорения в цикле двигателей внутреннего сгорания легко поддается аналитическому описанию, что позволяет получить математическую модель рабочего процесса, адекватно описывающую экспериментальные зависимости, полученные на различных двигателях в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

На рис. 1 приведен пример расчетной индикаторной диаграммы двигателя. Проверка на адекватность математической модели производилась путем расчета характеристик существующих двигателей и сопоставления их с экспериментальными. У карбюраторного двигателя отклонения расчетных и экспериментальных значений не превышают различий, обусловленных цикловой нестабильностью. У дизельного двигателя различия

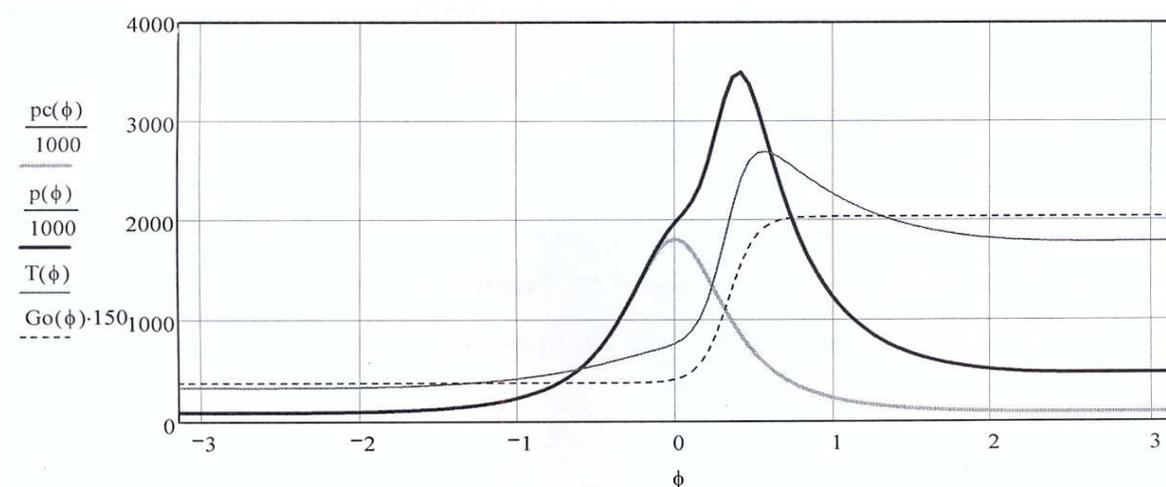


Рисунок 1 - Расчетная индикаторная диаграмма двигателя  
 $\varphi$  - угол поворота вала [рад];  $p_c(\varphi)$  – давление в цилиндре при отсутствии сгорания [кПа];  
 $p(\varphi)$ – давление в цилиндре при сгорании [кПа];  $T(\varphi)$ –температура в цилиндре при сгорании [K];  $G_o(\varphi)$ – термодинамическое ускорение[ $\text{м}^3/\text{с}^2$ ]

находятся в пределах точности измерений, проводившихся с помощью анализатора *AVL* в конструкторском бюро рабочих процессов Волгоградского моторного завода.

Таким образом, убедившись в адекватности полученной математической модели рабочего процесса, можно выполнить расчет двигателя, не имеющего реального прототипа.

На рис. 2 представлен общий вид одного из вариантов такого двигателя.

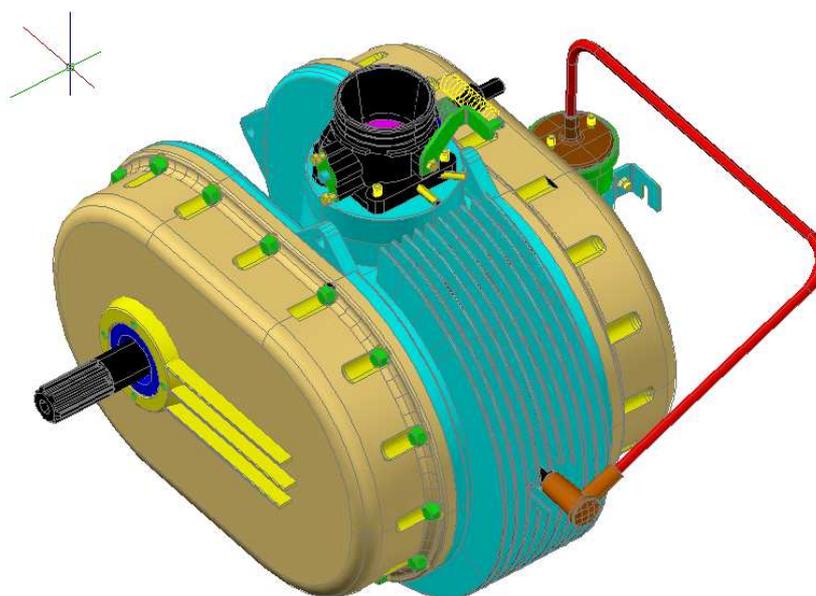


Рисунок 2 - Роторно-лопастной двигатель

Разработанная теория рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания, базирующаяся на методах термодинамики нестационарных процессов, позволяет осуществ-

лять расчет индикаторных показателей и производить построение скоростных, нагрузочных и регулировочных характеристик практически всех существующих и еще не существующих в природе поршневых и роторно-поршневых двигателей внутреннего сгорания, в том числе роторно-лопастных. Конструктивная проработка роторно-лопастного двигателя позволила выявить ряд охраноспособных решений, которые оформлены в виде заявки на предполагаемое изобретение, по которой получен патент [6].

#### Литература

1. **Вукалович, М. П.** Техническая термодинамика / М. П. Вукалович, И. И. Новиков. - М.: Энергия, 1968. - 496 с.
2. **Жуковский, В. С.** Термодинамика / В. С. Жуковский. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 303 с.
3. **Седов, Л. И.** О динамическом взрыве равновесия / Л. И. Седов // Доклады АН СССР, 1957. - Том 112, № 2. - Гидромеханика, С. 211-212.
4. **Седов, Л. И.** Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. - М.: Наука, 1987. - 431 с.
5. **Староверов, В. В.** Взаимосвязь скорости расширения с показателями рабочего процесса двигателя / В. В. Староверов // Деп. в ЦНИИТЭИтяжмаш. 04.09.89. № 455-тм 89.
6. **Патент № 2063526 РФ.** Роторный двигатель./ Староверов А.В., Староверов В.В.; опубл. 10.06.96 Г. БИ № 19.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЗОНЫ МУП А/К 1732 С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО ОБСЛУЖИ- ВАНИЮ И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ, ОБОРУДОВАННЫХ ГАЗОБАЛЛОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**

Бобрик Н.С, Сухов А.А.

Волжский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет»  
(ВПИ (филиал) ВолгГТУ)

В процессе эксплуатации технологическое оборудование подвергается физическому и моральному износу и требует постоянного технического обслуживания. Работоспособность оборудования восстанавливается путем его ремонта. Организация технического обслуживания и ремонта технологического оборудования является основной функцией ремонтного хозяйства в производственной инфраструктуре предприятий.

Экономической основой существования ремонта является неравно прочность деталей и узлов техники. Действительно, экономически необоснованно и технически невозможно изготовить машину, механизмы, агрегат с деталями и узлами с одинаковой прочностью, равномерностью износа, с примерно равными сроками службы. Поэтому и возникает потребность в ремонте техники, чтобы обеспечить ее нормальное функционирование на весь период службы.

Ремонт (фр. remonter — поправить, пополнить, снова собрать) — совокупность технико-экономических и организационных мероприятий, связанных с поддержанием и частичным (или полным) восстановлением потребительской стоимости основных фондов (средств производства) или предметов личного пользования. Согласно действующим стандартам ремонт — это комплекс операций по восстановлению исправности либо работоспособности изделий или их составных частей.

Значение ремонта основных производственных фондов, повышение эффективности его организации обуславливаются следующими важнейшими факторами:

- капитальный ремонт является одним из способов простого воспроизводства основных фондов;
- на ремонт основных фондов ежегодно затрачиваются огромные средства; в себестоимости продукции эти затраты достигают 6-20 %;
- простой техники при ремонте негативно влияет на конечные результаты деятельности предприятий;
- в ремонте постоянно находится до 40 % автомобилей, 25 % строительных машин, 10-12 % металлорежущих станков;
- в сфере ремонта заняты значительные ресурсы (например, затраты на поддержание грузового автомобильного транспорта в рабочем состоянии в бывшем СССР превышали затраты на его обновление более чем в 12 раз; рабочих на ремонтных работах было в 7 раз больше, чем на заводах-изготовителях; станков на ремонтных работах было в 7,2 раза больше, чем на заводах по изготовлению такой техники);
- доля ручного труда в ремонтных работах достигает 75-90 % против 20-30 % в машиностроении на изготовлении нового оборудования;
- ресурс отремонтированной техники не превышает 40-50 % ресурса нового оборудования.

В связи с перечисленными факторами задачи организации ремонта оборудования становятся очень актуальными. К основным задачам ремонтного производства предприятия относятся:

- поддержание технологического оборудования в постоянной эксплуатационной готовности;
- увеличение сроков эксплуатации оборудования без ремонта;
- совершенствование организации и повышение качества ремонта оборудования;
- снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования.

Эти задачи решаются путем:

- разработки и реализации системы по техническому обслуживанию оборудования в процессе его эксплуатации в целях предупреждения прогрессирующего износа и аварий;
- своевременного и качественного выполнения планово-предупредительного ремонта оборудования;
- модернизации устаревшего оборудования;
- повышения организационно-технического уровня ремонтного производства.

Система технического обслуживания и ремонта оборудования

Работы по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии подразделяются на техническое обслуживание и ремонт. Организация ремонтного хозяйства предприятия базируется на системе планово-предупредительного ремонта (ППР), основные положения которой установлены Единой системой плановопредупредительных ремонтов (ЕСППР).

Система ППР — это совокупность организационно-технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту оборудования, профилактических мероприятий по заранее составленному плану в определенных объемах и в определенные сроки в целях предотвращения прогрессивно нарастающего износа, предупреждения аварий и поддержания оборудования в постоянной технической готовности.

Система ППР базируется на двух основных принципах — предупредительности и плановости.

Принцип предупредительности заключается в том, что после отработки каждым элементом установленного для него определенного времени выполняются техническое обслуживание и ремонтные работы независимо от физического состояния и степени износа. Принцип плановости предполагает, что указанные технические воздействия осуществляются по специальному графику с заданными объемами работ в определенные сроки.

Система ППР включает в себя техническое обслуживание (технический осмотр) и ремонты.

Техническое обслуживание — это комплекс операций по поддержанию работоспособности оборудования и обеспечению его технических параметров в процессе эксплуатации. Такое обслуживание выполняют производственные рабочие и дежурный ремонтный персонал. При этом предусматриваются следующие технические операции:

- смена и пополнение масел;
- регулировка механизмов;
- устранение мелких неисправностей;
- смазка трущихся поверхностей;
- проверка геометрической точности в соответствии с нормами, техническими условиями и т. п.;
- испытания — для грузоподъемных машин, электрооборудования и др.

Ремонт — это комплекс операций по восстановлению параметров технической характеристики оборудования и обеспечению дальнейшей его эксплуатации. Ремонтные работы предусматривают проведение текущего (малого), среднего и капитального ремонта по всем видам основных производственных фондов.

Текущим называется минимальный по объему ремонт, при котором заменой или восстановлением быстроизнашивающихся деталей и регулированием механизмов достигается нормальная работа оборудования.

Средний ремонт сложнее текущего. Он предусматривает частичную разборку оборудования, замену и восстановление изношенных деталей, а главное — такой ремонт выполняется без снятия оборудования с фундамента.

Капитальный ремонт — наиболее сложный вид ремонта, требующий полной разборки и ремонта всех базовых деталей, замены изношенных деталей и узлов, восстановление части деталей, проверки их на точность. Ремонты, вызываемые отказами и авариями оборудования, называются внеплановыми (аварийными). При хорошо организованной системе ППР и высокой культуре эксплуатации оборудования необходимость в таких ремонтах, как правило, не возникает.

Модернизация оборудования обычно совмещается с капитальным ремонтом. Принимает оборудование после ремонта представитель ОТК по истечении испытательного срока работы агрегата (8 ч — при малом ремонте, 16 ч — при среднем и 24 ч — при капитальном).

Модернизация оборудования проводится в следующих основных направлениях:

- механизация и автоматизация управления циклом работы;
- повышение мощности, скорости и емкости рабочих механизмов;
- расширение технологических возможностей;
- повышение эксплуатационной надежности, долговечности и точности работы;
- оснащение грузочными и подающими механизмами;
- ускорение подвода и отвода инструмента;
- улучшение условий труда.

В условиях единичного и мелкосерийного производств преобладает комплексная общетехническая модернизация, а крупносерийного и массового — целевая, направленная на решение отдельных технологических задач.

Целесообразность проведения модернизации определяется сопоставлением экономических показателей оборудования до и после модернизации, а также сопоставлением затрат по трем вариантам (табл. 1). Экономически целесообразной считается такая модернизация, которая требует меньше капитальных затрат, чем при установке нового оборудования. Не менее важным показателем целесообразности модернизации является физический износ оборудования.

Таблица 1

## СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Показатель	Вариант модернизации оборудования		
	Ремонт старой машины	Модернизация старой машине	Замена старой машины новой
Новые капитальные вложения, грн.	+	+	+
Годовая производительность машины, шт. или усл. ед.	+	+	+
Себестоимость единицы продукции, изготовленной на машине, грн.	+	+	+
Снижение себестоимости продукции или выполняемой операции		+	+
Срок окупаемости затрат, мес.	-	+	+

Примечание. Знак "+" означает целесообразность модернизации оборудования, "-" — ее нецелесообразность.

Физический износ определяется двумя способами: по результатам обследования технического состояния и по данным о сроках службы (возраст) фондов. При первом способе износ устанавливается для объекта в целом либо по отдельным его конструктивным элементам; при втором нормативный срок службы сравнивается с фактическим.

Моральный износ основных фондов имеет две формы:

- износ, определяемый снижением стоимости фондов вследствие сокращения затрат на их создание в связи с повышением производительности труда в отраслях, производящих эти фонды, т. е. уменьшения стоимости;
- износ вследствие создания новых более производительных и совершенных машин и оборудования аналогичного типа и назначения.

Организация и управление ремонтной службой на предприятии

Выполнение ремонтных работ на предприятии может быть организовано следующими методами:

централизованным, децентрализованным и смешанным.

При централизованном методе все виды ремонта и некоторые работы по техническому обслуживанию производятся силами ремонтно-механического цеха (РМЦ). Этот цех располагает специализированными ремонтными бригадами, необходимым универсальным оборудованием, запасными частями, производственными площадями и др. Такой метод применяется на предприятиях с общим количеством оборудования 2500-3000 ремонтных единиц и количеством оборудования в каждом цехе не более 500 ремонтных единиц. При таком методе ремонта наиболее эффективна бригадная форма организации труда с преобладанием специализированных ремонтных бригад.

При децентрализованном методе все виды ремонтных работ и изготовление части сменных деталей осуществляются силами и средствами цеховых ремонтных служб. Ремонтно-механический цех предприятия выполняет в основном работы по капитальному ремонту и модернизации сложного и крупного оборудования: изготавливает запасные части массового применения, восстанавливает корпусные детали, требующие использования

специального оборудования и оснастки. Этот метод применяется на предприятиях, где количество оборудования в каждом цехе превышает 800 ремонтных единиц.

Смешанный метод характеризуется тем, что ремонтные работы выполняются как цеховой ремонтной службой, так и РМЦ. Последний выполняет капитальный ремонт всего оборудования предприятия и изготавливает запасные части. Этот метод применяется на предприятиях с количеством оборудования в каждом цехе 500-800 ремонтных единиц.

При всех методах организации ремонта обязательно техническое обслуживание оборудования, которое выполняют основные производственные рабочие. Они должны наблюдать за работой оборудования, следить за уровнем масла и охлаждающей жидкости, характером шума в редукторах и других механизмах. В их обязанности входят также уборка отходов и ежедневная смазка оборудования. Проверку технических параметров оборудования, его регулировку и промывку осуществляет дежурный ремонтный персонал.

Комплексные бригады ремонтников закрепляются за основными производственными подразделениями (цехом, участком) для выполнения всех ремонтных работ. В целях сокращения простоев оборудования на ремонте все основные ремонтные работы выполняются, как правило, в обеденные перерывы и выходные дни.

Наиболее прогрессивным способом проведения ремонтов является агрегатный. Он заключается в том, что вышедшие из строя отдельные узлы, агрегаты оборудования заменяются запасными (ранее отремонтированными) или новыми. Такой способ позволяет резко сократить простои оборудования на ремонте, поскольку ремонт сводится в основном к тому, чтобы снять с оборудования вышедший из строя узел, агрегат и вместо него поставить заранее отремонтированный.

Управляет ремонтным хозяйством главный механик предприятия, который подчиняется главному инженеру. Он возглавляет отдел главного механика (ОГМ) и руководит РМЦ, а также осуществляет функциональное руководство цеховыми ремонтными службами и координирует всю работу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования на предприятии.

Отдел главного механика на крупном предприятии состоит из бюро и групп специалистов по направлениям (рис. 14).

К основным функциям БППР относятся:

- материальная и организационная подготовка ремонтов;
- планирование всех видов ремонтных и профилактических работ оборудования;
- организация правильной эксплуатации и ремонта оборудования;
- руководство работой смазочного хозяйства;
- создание парка запасных частей и агрегатов, узлов;
- учет и хранение оборудования;
- составление сводных графиков ремонта оборудования.

Планово-производственное бюро (или планово-диспетчерское бюро — ПДБ) планирует, регулирует, анализирует и контролирует производственную и экономическую деятельность всех звеньев ремонтного хозяйства предприятия, составляет сводные отчеты по выполнению планов.

Конструкторско-технологическое бюро осуществляет всю техническую подготовку системы ППР и все виды ремонтных работ, включая модернизацию оборудования.



Структура отдела главного механика на крупном предприятии:

ППБ — плано-производственное бюро; КТБ — конструкторско-технологическое бюро; БППР — бюро плано-предупредительных ремонтов

Группа кранового оборудования следит за эксплуатацией и состоянием всех подъемно-транспортных механизмов и подкрановых путей, планирует и контролирует выполнение графиков ремонта подъемно-транспортного оборудования, осуществляет его испытания и освидетельствование.

Ремонтное хозяйство в цехе возглавляет механик цеха. Ему подчиняются мастера и бригадиры, которые непосредственно руководят работами по надзору, уходу, эксплуатации и ремонту оборудования; мастерам, в свою очередь, подчинены дежурные слесари.

В основе планирования ремонта оборудования лежат ЕСППР и Типовая схема технического обслуживания и ремонта (ТСТОР), которые, в свою очередь, базируются на следующих основных нормативах:

- категория ремонтной сложности;
- ремонтная единица;
- продолжительность и структура ремонтного цикла;
- продолжительность межремонтных периодов и осмотров.

Под категорией ремонтной сложности понимается степень сложности ремонта агрегата (единицы оборудования), которая зависит от его технических и конструкторских особенностей — размеров обрабатываемых деталей, точности их изготовления, особенностей ремонта и др. Категория ремонтной сложности обозначается буквой Я и числом перед ней.

Категория ремонтной сложности оборудования определяется как по механической, так и по электрической части. Так, в настоящее время для металлообрабатывающих станков по ТСТОР в качестве агрегата-эталона принят токарно-винторезный станок модели 16К20. Для него установлена категория сложности 12 Я. Для любого другого станка этой группы категория сложности определяется путем сопоставления выбранного станка с эталоном.

Ремонтный цикл — это продолжительность работы оборудования от начала ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта или между двумя капитальными ремонтами. Согласно ТСТОР для каждого вида оборудования определенного технологического назначения устанавливается исходная продолжительность ремонтного цикла, которая на предприятиях может корректироваться исходя из условий работы оборудования. Например, для металлорежущих станков продолжительность ремонтного цикла  $T_{\text{ц}} = 16800$  ч,

для кузнечно-прессового оборудования  $T_{ц} = 10000$  ч, для деревообрабатывающего  $T_{ц} = 11200$  ч, для литейного  $T_{ц} = 6000$  ч. Для металлорежущего оборудования при расчете продолжительности ремонтного цикла учитываются факторы эксплуатации оборудования на предприятии. Эти факторы в виде коэффициентов определяют по справочным таблицам ТСТОП.

Под структурой ремонтного цикла понимается количество и последовательность выполнения работ по осмотру и ремонту в период между вводом оборудования в эксплуатацию и первым капитальным ремонтом или между капитальными ремонтами.

Единая система ППР предусматривает определенную структуру ремонтных циклов по группам оборудования с учетом назначения, сложности и условий эксплуатации. Пример структуры ремонтного цикла показан на рис. 15 (при этом ремонтный цикл включает в себя капитальный ремонт, два средних, шесть малых и девять осмотров).

#### К-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-С-О-М-О-М-О-К

Ремонт оборудования планируется в определенной последовательности. В ОГМ предприятия при участии механиков всех цехов составляется годовой план-график ремонта всех единиц оборудования. Календарные сроки ремонта определяются на основании записей в журналах учета работы оборудования. В годовой план-график ремонтов включаются осмотры и все виды ремонтов. По каждой единице оборудования план-график ремонта разрабатывается на основе вида и продолжительности последнего ремонта, структуры ремонтного цикла, продолжительности межремонтного периода, групп ремонтной сложности и нормативов трудоемкости. Планы-графики согласуются с начальниками цехов и утверждаются главным инженером.

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ПОЛОГО ВАЛА СБОРОЧНОГО СТАНКА СППР-1300 С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВМЕЩЕННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ И ППД**

Санинский В. А., докт. техн. наук, Осадченко Е. Н аспирант ВолгГТУ, Карабицкий Н. А., студент ВПИ (филиал) ВолгГТУ.

saninv@rambler.ru

**Аннотация.** В статье представлено техническое обоснование вариантов применения технологического оборудования и инструментария, предназначенных для организация нового производства или восстановления имеющегося оборудования на действующем производстве.

**Ключевые слова.** Ремонт, длинномерный полый вал, расточка, совмещение, винтовая интерполяция, режущее-деформирующая прошивка, шлифование, планетарный механизм, пиноль.

**Введение.** Основой подхода к созданию технологий изготовления деталей являются принципы CALS-технологий, предусматривающие сопровождение изделия на протяжении всего жизненного цикла: от плавки металла заготовки - до утилизации. Поэтому ремонт и изготовление нового изделия часто являются основными альтернативными вариантами технико-экономического обоснования конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств.

Применение таких принципов позволяет существенно снижать затраты на эксплуатацию, благодаря реализации функций интегрированной логистической поддержки. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п.

**Основная часть.** В последнее время в основу идеологии разработки технологических процессов механической обработки деталей специального и общемашиностроительного применения все чаще закладывают идеологию и принципы инверсии, предусматривающих сопровождение изделия на протяжении всего жизненного цикла на всех этапах производства.

Концептуальная идея данного конкретного технологического проекта - повышение качества изготовления и ремонта полого вала. Структура проекта основана на выполненной бакалаврской работе с дополнением специальной части при дальнейшем совершенствовании технологии на стадии дипломного проекта специалиста.

При этом выполнено соответствующее технико-экономическое сравнение двух вариантов: организация производства при наличии устаревшего оборудования на действующем производстве или модернизация производства труб ОАО ВТЗ на основе применения пинольных станков, обладающих возможностями совмещения процессов виброрефрезерования режущо-деформирующего прошивания глубокого ступенчатого отверстия. [1-3].

При решении задачи предложено вместо импортных расточных головок фирмы Sandvik Coromant (Швеция) применить отечественную разработку на основе разработанного в ВПИ и АОА МВТЗ – металлорежущих станков и устройств [4, 5] (рис. 1).

Важнейшими факторами, определяющими эксплуатационную надежность и срок службы технологических машин и оборудования, являются эксплуатационные свойства поверхностного слоя материала и его прочность. При эксплуатации нередко изнашиваются рабочие поверхности деталей, что требует их полной замены и, как следствие, повышения себестоимости ремонта. Считается, что себестоимость восстановления для большинства восстанавливаемых деталей не превышает 75 % стоимости новых, а расход материалов в 15 – 20 раз ниже, чем на их изготовление. Однако, в ряде случаев изготовление деталей целиком рационально в связи с высокой стоимостью оборудования для ремонта по сравнению со стоимостью материалов и относительной простотой обработки глубоких отверстий на предлагаемом авторами оборудовании.

Для решения задач повышения физико-механических показателей рабочих поверхностей деталей и увеличения их срока службы в машиностроении применяют новые способы механической обработки, обладающих возможностью поверхностного пластической деформации (ППД), т. е. поверхностного упрочнения рабочих поверхностей ступенчатого обрабатываемого отверстия (рис. 1).

Объектом исследования являются технологии изготовления и ремонта и изготовления полого вала станка СППР-1300 (рис. 2).

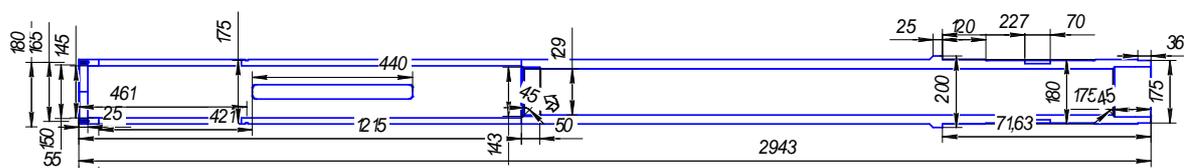


Рис. 1. Полый вал станка СППР-1300

В качестве техпроцессов - аналогов взяты технология ремонта в условиях и традиционная технология растачивания труб на ОАО ВТЗ.

При этом рассмотрена актуальность проведения работы по освоению технологии механической обработки внутренней поверхности бесшовных труб на ОАО «ВТЗ», которая связана с рядом причин:

Во-первых, трубопрокатный цех № 1 (ТПЦ-1) производит трубы по ГОСТ 8731, 23270, ГОСТ Р 53383, поставляемые по внутреннему диаметру.

Требования к трубе - предельные отклонения внутреннего диаметра трубы  $\pm 1\%$ . Номенклатура данных труб от 40 до 130 мм. Соответственно отклонения должны находиться в интервале ( $\pm 0,4 \div \pm 1,3$ ) мм. В тоже время после проката труба имеет отклонения по внутреннему диаметру  $\pm 2$  мм.

Рассматриваются следующие варианты достижения цели освоения технологии механической обработки внутренней поверхности бесшовных труб.

### *1 Приобретение нового расточного станка российского производства.*

Сравнительный анализ характеристик отечественных трубосточных станков Рязанского станкостроительного завода мод. 2825П, 2830П, 2840П, 2850П. показал, что

по своим характеристикам модель 2825П удовлетворяет режимными характеристиками и охватывает типоразмеры труб, производящихся в ТПЦ-1 и ТПЦ-2.

Однако, принцип работы станков имеет многолетний срок и конструкция станков не содержит новых принципиальных решений, Габариты станков и их стоимость станков является одним из факторов сдерживания внедрения их в существующее производство ОАО ВТЗ, требует подтверждения экономической целесообразности их закупки на металлургическим предприятием, каковым является ОАО ВТЗ.

### *2. Приобретение новых расточных станков и инструментария иностранного производства.*

Известна конструкция инструмента для обработки отверстий диаметром 40...380 мм и глубиной до 4000 мм в гильзах пневмо и гидроцилиндров представляется фирмой Sandvik Coromant (Швеция) (Каталог фирмы Sandvik Coromant, 2010, (<http://www.coromant.sandvik.com>)).

Этот комбинированный режущо-деформирующий инструмент является ближайшим аналогом отечественных разработок ВПИ [3, 4] и принцип работы его позволяет совмещать осуществлять растачивание отверстия плавающим двухлезвийным расточным блоком, оснащенным твердым сплавом и пластически деформировать поверхность обработанного отверстия раздвигающимися роликами. После обработки указанным инструментом шероховатость поверхности отверстия может быть достигнута до  $Ra=0,05...0,20$  мкм, а ее твердость в результате наклепа увеличивается на 50%. Обработка ведется с использованием СОЖ на масляной основе с противозадирными присадками (Каталог фирмы Sandvik Coromant, 2010, (<http://www.coromant.sandvik.com>)).

Недостаток головки в необходимости предварительной обработки поверхности обрабатываемого глубокого отверстия под переднее направление гололки.

### *3. Модернизация станка ТОБС в ТПЦ-1 по договору с Волжским политехническим институтом.*

На ОАО «ВТЗ» в рамках договора с ВПИ ведется научно-исследовательская и проектно-конструкторская работа по разработке и изготовлению установки для глубокого растачивания труб в ТПЦ-1 на основе модернизации станкам ТОБС в ТПЦ-1 (рис. 1). Труба загружается слева, затем быстро подается каретками в правую сторону станка. Труба заходит отверстием на неподвижную борштангу при снятой расточной головке и на быстрой подаче подается в правую сторону станка, пока с левой стороны трубы не окажется стыковочный узел с резьбой для борштанги. Подачу выключают, к стыковочному узлу привинчивают расточную головку. Включают зажим, подачу правой каретки влево и вращение борштанги. Начинается растачивание. Оно заканчивается, когда последний резцовый блок расточной головки выйдет из трубы. При этом основное центрирующее устройство расточной головки остается внутри трубы. Привод главного движения выключают; расточную головку очищают щеткой от стружки и отсоединяют от борштанги. Трубу досылают в исходное положение загрузки и выгружают на загрузочной стороне станка местной кран-балкой. Цикл повторяют.

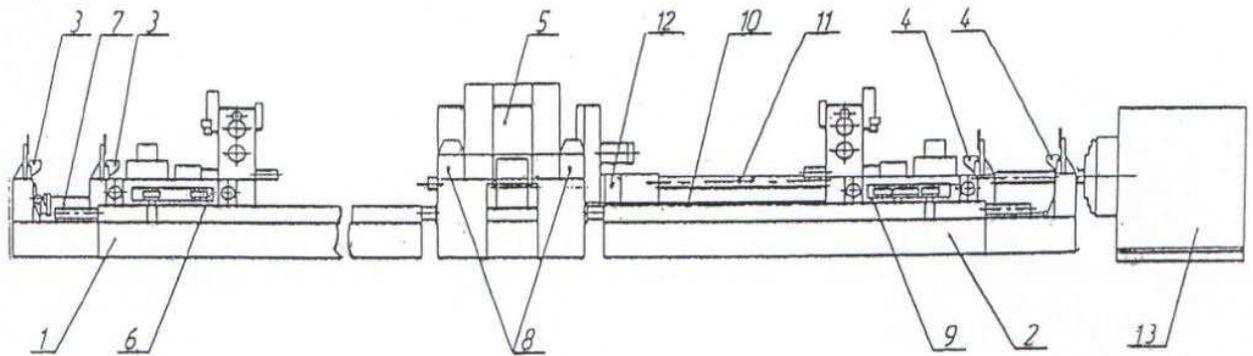


Рис. 2. – Схема модернизации ТОБС КЖ9340А: 1- станина левая; 2- станина правая; 3-поддержка левая; 4-поддержка правая; 5-бабка без шпинделя; 6-кадетка левая; 7-цилиндры подач; 8-устройства, центрирующие трубы и расточные головки; 9-кадетка правая; 10-цилиндры подач; 11- стембель борштанги; 12-открытый люнет борштанги; 13-шпиндельная бабка.

Станок имеет большие габариты, работает на устаревшем принципе и долгое время не эксплуатировался. В настоящее время требуется его ремонта и модернизации, что и является поводом для разработки нового проекта на основе последних достижений науки и техники.

#### 4. Восстановление ранее действующие технологии на базе станков RIS в ТПЦ-2;

Предполагается, что для ремонта требуется приобретение наплавочной машины и шлифовального станка, что делают это вариант малоцелесообразным в условиях ОАО ВТЗ, как металлургического производства. Ремонт вала по этому варианту дороже, чем расточка новой трубной заготовки на модернизируемом оборудовании с применением расточного приспособления [3].

#### 4. Модернизация расточного борштангового станка модели ТОБС в ТПЦ-1;

Проект [3] модернизации находится в стадии реализации и не содержит современных решений - в нем отсутствуют новые решения, защищенные патентами ФИПСа, что не позволяет в будущем осуществлять торговые операции на внешнем рынке. Это позволяет считать проект [3] на этой стадии проектирования недостаточно перспективным.

#### 5. Реализация альтернативного варианта на основе отечественных разработок, защищенных охранными документами ФИПСа [4, 5].

Предлагается вариант модернизации станка ТОБС с внедрением вихрефрезерования с планетарно-круговой подачей, совмещенной с осевой подачей фрезы, оснащенной зачищающей широкой режущей кромкой.

Для повышения качества обработанной вихрефрезерованием поверхности может быть предусмотрено режуще-деформирующее прошивание калибрующими зубьями прошивки и дорнование, обладающих возможностью поверхностного упрочнения, хорошего стужкоделнения и стружкоотвода, повышения производительности и качества обработки.

Данный метод в справочниках металлорежущего инструмента называют методом круговой интерполяции с врезанием по 2 осям: вокруг оси шпинделя с режущим инструментом и вокруг оси обрабатываемого отверстия.

Принцип работы представлен на рисунке 3. Заготовка с отверстием, например, труба, неподвижна, а инструмент – концевая фреза совершает два вида вращения: вокруг своей оси и по круговой орбите с определенной подачей.

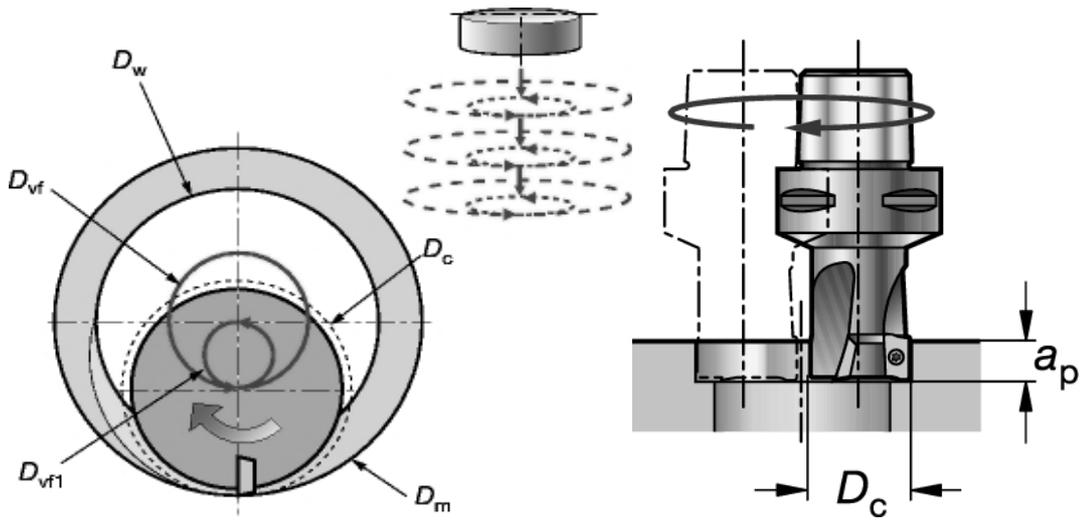


Рис. 3. - Круговая интерполяция с одновременным резанием по оси заготовки и перпендикулярной ей оси:  $D_c$  – диаметр окружности, описанной вокруг траектории фрезы,  $a_p$  – величина подачи фрезы за 1 оборот заготовки (или планетарного поворота борштанги вокруг оси отверстия);  $D_w$  – диаметр отверстия обрабатываемой заготовки;  $D_{v1}$  – траектория оси шпинделя с фрезой в начале резания фрезы;  $D_{vf1}$  – траектория оси шпинделя с фрезой в конце резания фрезы;  $D_m$  – диаметр окончательно обработанной поверхности

Метод круговой интерполяции является альтернативой использованию традиционного расточного инструмента. Круговую интерполяцию можно применять, используя большинство фрез с углом в плане 90 градусов, совершая кольцевой проход.

*Предлагаемый вариант обработки на основе применения - станок для вихрефрезерования и шлифования глубокого отверстия в длинномерных трубных заготовках [4].*

На рис. 5 представлена схема пинольного станка для вихрефрезерования или внутреннего шлифования глубоких отверстий в трубных заготовках с безазорным базированием режуще-деформирующей пиноли [1. 2, 4, 5] по обработанной поверхности.

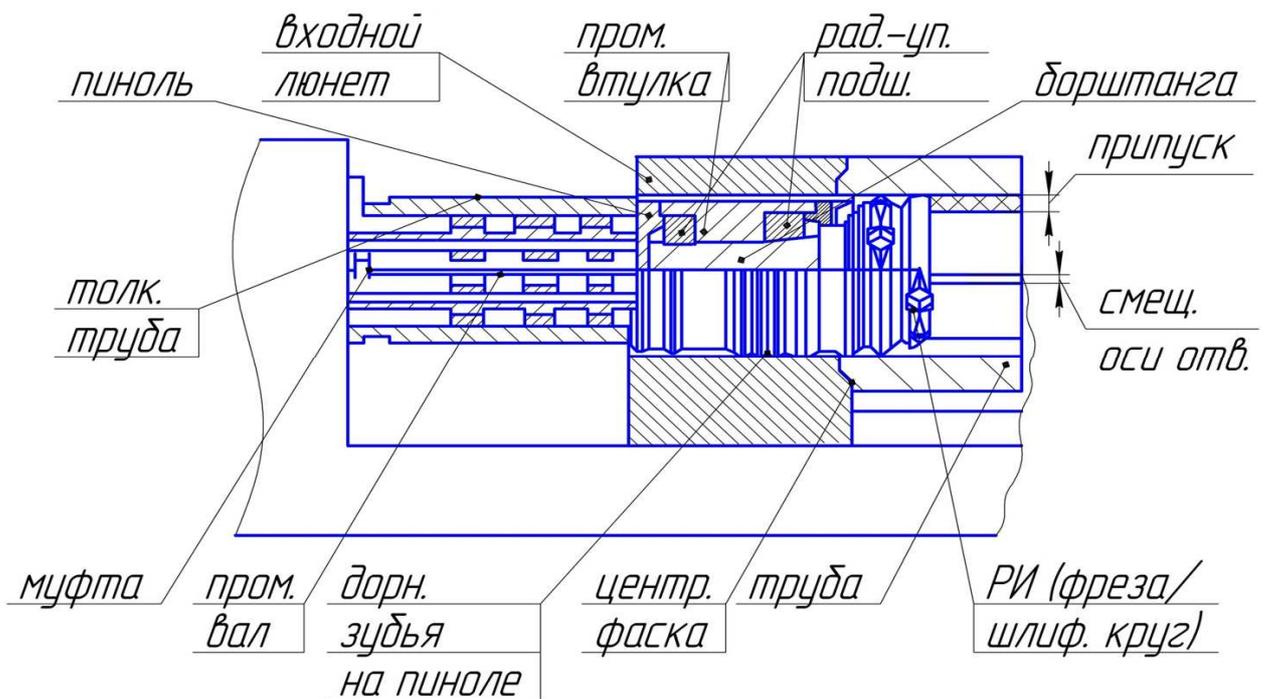


Рис. 4.- Пиноль станка для вихрефрезерования или внутреннего шлифования глубоких отверстий в трубных заготовках [4]

Для обработки глубокого отверстия обрабатываемая труба, закрепляется между входным люнетом и выходным люнетом соосно с пинолью металлорежущего станка [4]. Базирование трубы (обрабатываемой трубной заготовки) осуществляется при помощи центрирующих фасок, выполненных на наружной поверхности трубной заготовки и обратных фасок во входном люнете и в отверстии подвижной втулки выходного люнета (не показан).

Пиноль, находящаяся в исходном положении во входном люнете, с вращающейся от электродвигателя через коробку скоростей борштангой, получает осевое силовое перемещение с подачей  $S$  от толкающей трубы. Промежуточный вал, связанный с борштангой и шпинделем коробки скоростей [4] свободно в осевом направлении муфтами, передает крутящий момент от коробки скоростей независимо от передачи осевого усилия толкающей трубы. Толкающая труба жестко связана с пинолью и силовой головкой, а борштанга пиноли вращает режущий инструмент, выполненный, например, в виде фрезы или шлифовального круга.

Борштанга, за счет того, что установлена на эксцентричных, имеющих коллинеарные и однонаправленные векторы эксцентриситетов, подшипниках в промежуточной втулке, приобретает планетарное движение относительно оси дополнительной промежуточной трубы и оси обрабатываемой трубы. Такой механизм планетарного движения при сложении с осевой подачей пиноли обеспечивает процесс винтовой интерполяции при вихрефрезеровании, обеспечивая деление стружки или внутреннее шлифование отверстия трубной заготовки, обеспечивая высокую точность и качество поверхности.

При осуществлении совмещения, например, вихрефрезерования и режуще-деформирующего прошивания, прошивка, базирясь в исходной направляющей втулке, постепенно перемещается в отверстие заготовки, переносит базу из люнета в обрабатываемое отверстие трубной заготовки, и далее, также базирясь по его поверхности своими деформирующими зубьями, осуществляет процесс винтовой интерполяции вихрефрезерование или внутренним планетарным шлифованием. После полной обработки отверстия, при включении обратного хода прошивка еще раз прокалибрует обработанное отверстие, выйдет во входной люнет и процесс обработки закончится. Высокая точность при этом достигается за счет безазорного базирования пиноли в обработанной поверхности идущим впереди дорнующих зубьев фрезой или шлифовальным кругом [3, 4].

На рис. 5 представлен способ обработки глубоких отверстий и малогабаритное устройство для его осуществления процесса винтовой интерполяции [4].

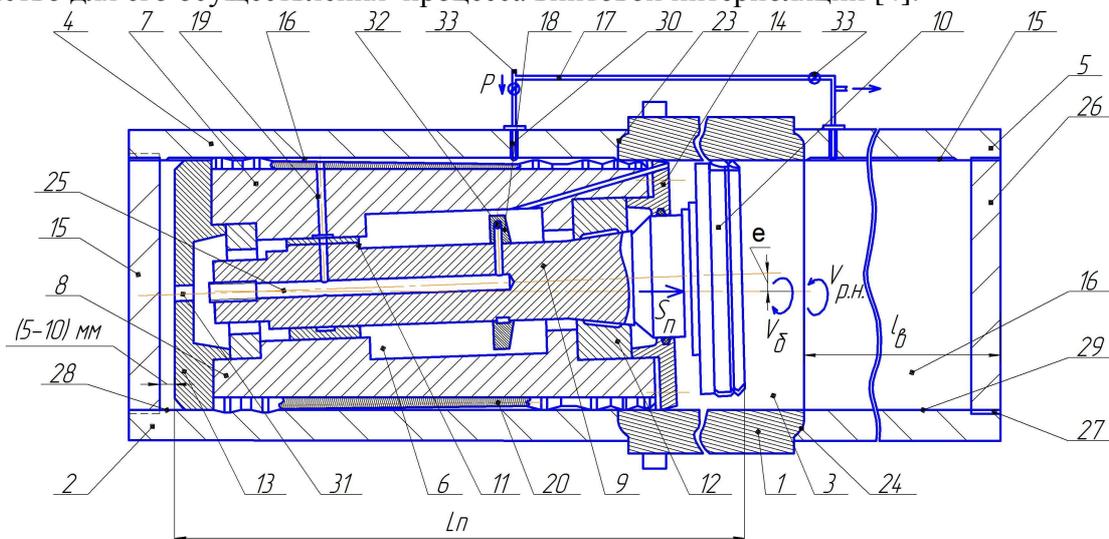


Рис. 5. – Устройство для обработки глубоких отверстий в трубных заготовках оснащенный механизмом планетарного движения режущего инструмента.

В таблице 2 приведено сравнение режимов резания традиционного метода, рекомендованные отчетом [3] для расточных головок. и предлагаемого метода.

Как видно из расчетов, машинное время обработки трубы с внутренним диаметром 80 мм и длиной 6 м при использовании вихрефрезерования на 55-70% меньше, чем при растачивании традиционными расточными головками.

Немаловажным преимуществом предлагаемых методов [4, 5] является применение в них вихрефрезерования, улучшающего стружкодробление и стружкоотвод.

**Таблица 2 – Сравнительный анализ производительности**

<b>Вихрефрезерование</b>	<b>Растачивание</b>
<p><b>Фреза ТЕ90АР 440-М16-17</b>  <b>ф. «ТаегуТес».</b>  <b>Размеры фрезы:</b>  <b>D=40мм; Z=4; ap=16,1мм.</b>  <b>Рекомендуемы режимы для</b>  <b>обработки легированных</b>  <b>сталей:</b>  <b>V=150–230 м/мин;</b>  <b>f–0,1–0,2 мм/зуб.</b>  <math>N = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}</math>; <math>F = f \cdot Z \cdot N</math>.  <b>Nmin=1194,3 об/мин</b>  <b>Fmin=0,96 м/мин</b>  <b>Nmax=1831,2 об/мин</b>  <b>Fmax=1,4 м/мин</b>  <b><u>Tмаш=4,3-6,3 мин</u></b></p>	<p><b>Расточная головка</b>  <b>Труба Dвн=80мм, длина 6м,</b>  <b>м/с 35, 35Г</b>  <b>Fmax=0,43м/мин.</b>  <b><u>Tмаш=13,8 мин</u></b></p>

Можно сделать вывод.

- при контурном вихрефрезеровании образование мелкой стружки, обусловленное способом винтовой интерполяции, обеспечит необходимые и достаточные условия для благоприятного стружкоотвода:

- применение безазорного базирования режуще-деформирующей пиноли обеспечит повышение точности обработки глубоких отверстий в длиномерных трубных заготовках за счет возможности применения внутреннего планетарного на основе использования в пиноли механизма планетарного движения борштанги.

### **Список литературы**

1. Санинский, В. А. Совмещенная обработка глубоких отверстий / В. А. Санинский // Передовой производственный опыт и научно-технические достижения, рекомендуемые для внедрения в отрасли: информ. сб. / ВНИИТЭМР. – М., 1989. – Вып. 5.
2. Смольников, Н. Я. Специальные станки для растачивания глубоких прерывистых отверстий шпинделями на выносных опорах: монография / Н. Я. Смольников, В. А. Санинский; ВолГТУ. – Волгоград, 2004. – 176 с.
3. Трегубов А.В. Отчет по научно-исследовательским и проектно-конструкторским работам по разработке и изготовлению установки для глубокого растачивания труб в ТПЦ-1 (на основе модернизации бесцентрово-токарного станка КЖ9340А) Этап 1; ВПИ (ф) ВолГТУ. – Волжский, 2013. – 15с.
4. Металлорежущий станок : пат. 144594 Рос. Федерация: МПК В23В41/00 / В.А. Санинский, В.В. Ананян, А.В. Санинский, Ю.Н. Платонова, Е.Н. Осадченко; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное уч-

реждение высшего профессионального образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолГТУ) - № 2014100127/02; заявл. 09.01.2014; опубл. 27.08.2014.

5 Устройство для механической обработки глубоких отверстий : пат. 143938 Рос. Федерация: МПК В23В41/02 / В.А. Санинский, В.В. Ананян, Е.Н. Осадченко, А.В. Санинский; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолГТУ) - № 2014108971/02; заявл. 07.03.2014; опубл. 10.08.2014.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗКИ НА ПРОБЕГ ШИН В ВОЛЖСКОЙ АВТОКОЛОННЕ 1732**

Новиков Е.А, Кулько П.А.

Волжский политехнический институт ВПИ (ВолГТУ)

Режим динамического нагружения, в котором работают шины автобусов, имеет принципиальное значение для определения их нормативного пробега по маршрутам, выбора марки, производителей, обеспечивающих максимальную усталостную выносливость.

Научно-исследовательская работа по рациональному использованию шин в зависимости от средней их нагрузки на маршрутах проводилась кафедрой "Автомобильный транспорт" совместно с Волжской автоколонной 1732. Был выполнен анализ ходимости шин на автобусах марки "Волжанин" на маршрутах № 14; 123; 1; 27. Все маршруты имеют дороги второй категории, одинаковую эксплуатационную скорость и цикличность движения, но отличаются по средней нагрузке на шины.

**Средняя нагрузка определялась числом перевозимых пассажиров за отчетный месяц при известном количестве выполненных рейсов по данным планового отдела (май 2014). Расчет выполнялся по динамической нагрузке на передние и задние колеса при скорости разгона до 50 км/ч и установившемся ускорении 2 м/с<sup>2</sup>, полученным по результатам наблюдения.**

Число объектов наблюдения (автобусов) при плане и нормальном распределении найдем по РД 50-690 по условию:

- доверительная вероятность  $q = 0,95$ ,
- предельная относительная ошибка  $E = 0,05$
- коэффициент вариации  $V = 0,10$ .

Получим минимальное число наблюдений, которое составляет  $N=13$  (Приложение А).

**Сбор данных по пробегу шин до списания проводился по карточкам учета шин в производственно-техническом отделе по 18 автобусам, на которых установлены шины марок Кама NR202, Корморан, MICHELIN, близких по показателям надежности и качеству.**

Результаты исследования по нагрузке и пробегу приведены в таблице 1.

Таблица 1

Маршрут	Средняя нагрузка на шину, Н	Нормативная нагрузка на шину, Н	Пробег шин на маршруте, км	Пробег шин нормативный, км	Рекомендуемый нормативный пробег, км
1	19102	30900	117098	130000	135743

27	18301	30900	130105	130000	141685
14	19000	30900	195598	130000	136472
123	19950	30900	129690	130000	129973

Уравнение регрессии по зависимости пробега шин от средней динамической нагрузки рассматривалось в виде полинома первой степени:

$$Y = p x + b \quad (1)$$

Используя метод наименьших квадратов, получена математическая модель по статистическим данным:

$$Y = - 5.7x + 243696 \quad (2)$$

На трех анализируемых маршрутах имеется перепробег шин относительно величины нормативного - 130000 км. Для условий эксплуатации автобусов на маршрутах города Волжского нормативный пробег для шин (Кама NR202, Корморан, MICHELIN) может быть достигнут при средней нагрузке не менее 19946 Н и поэтому нормативный пробег шин может быть увеличен по трем маршрутам и рассчитан по формуле (3), км:

$$L_{PEK} = \frac{19946}{L_{\phi}} \times 130000 \quad (3)$$

Подставим величины фактического среднего пробега шин до списания по маршрутам в формулу (3), получим рекомендуемый нормативный пробег, км, которые занесём в табл.1.

Маршрут	
1	135743
27	141685
14	136472
123	129973

Выводы и рекомендации.

1. Предлагаемая методика анализа использования шин на различных маршрутах позволит разработать нормативы пробегов шин до их списания по средним величинам нагрузки, которые изменяются по сезонам.

2. Внедрение нормативных помаршрутных расчётных величин пробегов шин будет способствовать повышению ответственности водителей за их техническую эксплуатацию и позволит давать объективную оценку при выплатах премии за перепробег.

#### Литература

1. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля : Учебник для вузов. СПб: БХВ - Петербург, 2006. - 478 с.
2. Кулько П.А., Шиповский И.Я., Каблов В.Ф., Голубь А.В. Долговечность шин: конструктивные и эксплуатационные факторы. ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – 106 с.

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ**

И.Х.Ижбердеев\*, Э. П. Страт\*, В. Н. Тышкевич\*\*, А. В. Саразов\*\*  
 \*ООО «Нью Тон», \*\*ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ

Компания «Нью Тон» образована 2 октября 2008 года с целью производства и обеспечения сельхозпроизводителей навесной и прицепной почвообрабатывающей техни-

кой. За сравнительно короткий период времени техника ООО «Нью Тон» сумела найти много благодарных клиентов и занять достойное место на полях сельхозпроизводителей, как России, так и СНГ. Компания ориентируется на высокое качество производимой продукции и максимальное удовлетворение потребностей клиентов.

Конструкторское бюро технического центра ООО «Нью Тон» обладает разработками в области сельскохозяйственного машиностроения. Традиционно высокие требования, предъявляемые к квалификации, как производственных рабочих, так и инженерно-технических кадров, а также наличие замкнутого производственного цикла обеспечивают качество изготовленной продукции.

Сегодня компания «Нью Тон» имеет репутацию квалифицированного, надёжного производителя и поставщика сельскохозяйственной техники. Предприятие постоянно работает над решением задач по наращиванию производства, совершенствованию технологического процесса, расширению номенклатуры выпускаемой продукции. Так кроме почвообрабатывающей техники сейчас ведутся работы по проектированию посевных комплексов, агрегатов для химической обработки и защиты растений, а так же других направлений. В настоящее время на производство поставлено 12 наименований сельскохозяйственной техники, каждое наименование представлено в разных типоразмерах соответствующих своему тяговому классу энергосредства.

1. Бороны дисковые энергосберегающие **АРГО**.
2. Культиваторы сплошной обработки почвы **KUSTO**.
3. Плуги чизельные **ЧИП**.
4. Плуги лемешные навесные **ПЛН**.
5. Культиватор полевой универсальный комбинированный сплошной обработки почвы **УНИКС-12М**.
6. Культиватор турбо-дисковый **ДИКУЛЬ-10.8**.
7. Культиваторы полевые сплошной обработки почвы **КУПЭ**.
8. Культиваторы полевые универсальные **КОМПАС**.
9. Бороны пропалочные с пружинным зубом **КАКТУС**.
10. Посевные комплексы **КАКТУС+**.
11. Бороны зубовые скоростные **БЗС**.
12. Культиватор стерневой **ДИКУС-6Н**.

Взаимодействие с кафедрой «Механика», студенческим конструкторским бюро ВПИ (филиала) ВолгГТУ начато в 2011 году с целью привлечения квалифицированных специалистов для совершенствования, оптимизации конструкций навесной и прицепной почвообрабатывающей техники, привлечения студентов к практическому 3D моделированию. Взаимодействие получается продуктивное, с внедрением конструктивных разработок в производство. В настоящее время в компании работает 9 выпускников института.

Обзор совместных конструктивных разработок был представлен на 10-й конференции в 2014 году. Первой совместной конструктивной разработкой была борона **АРГО 5,5×4П** с увеличенной жесткостью рамы для использования с современными энергонасыщенными тракторами. Незначительные изменения в элементах конструкции позволили значительно улучшить потребительские свойства изделия при минимальном увеличении металлоёмкости (рисунок 1). Борона **АРГО 5,5×4П** успешно изготавливается и пользуется спросом. Продано более 100 изделий.



Рисунок 1 – Усовершенствованная конструкция бороны АРГО 5,5×4П в работе

Задача оптимизации конструкции по жесткости решена и при проектировании бороны прополочной с пружинными зубьями КАКТУС 24П предназначенной

- для боронования почвы непосредственно перед посевом, после посева и до достижения ростками культуры 25см;
- для борьбы с прорастающим сорняком, методом вычесывания его на поверхность;
- для разрушения почвенной корки, особенно на тяжелых заплывающих почвах; для выполнения "сухого полива" – неглубокое рыхление почвы на 3-6 см.

При увеличении рабочей ширины захвата бороны до 24 метров возникла необходимость увеличения жёсткости в транспортном положении исходной несущей конструкции крыла (рисунок 2, а) и перехода к более рациональной ферменной конструкции (рисунок 2, б).



а)

б)

Рисунок 2 – Деформация балки бороны прополочной с пружинными зубьями КАКТУС 24П с исходной конструкцией крыла – а; усиленная конструкция крыла бороны - б

Для культиватора «УНИКС-12» усовершенствована конструкция тяги с талрепом для устранения выявленных при полевых испытаниях значительных деформаций в рабочем и транспортном положении (рисунок 3).



Рисунок 3–Усовершенствованная конструкция культиватора «Уникс-12»

Для культиваторов «КУМ-5,6» и «КУМ-8,4» (рисунок 4) оптимизирована толщина стенки центральной балки для снижения материалоемкости конструкций.

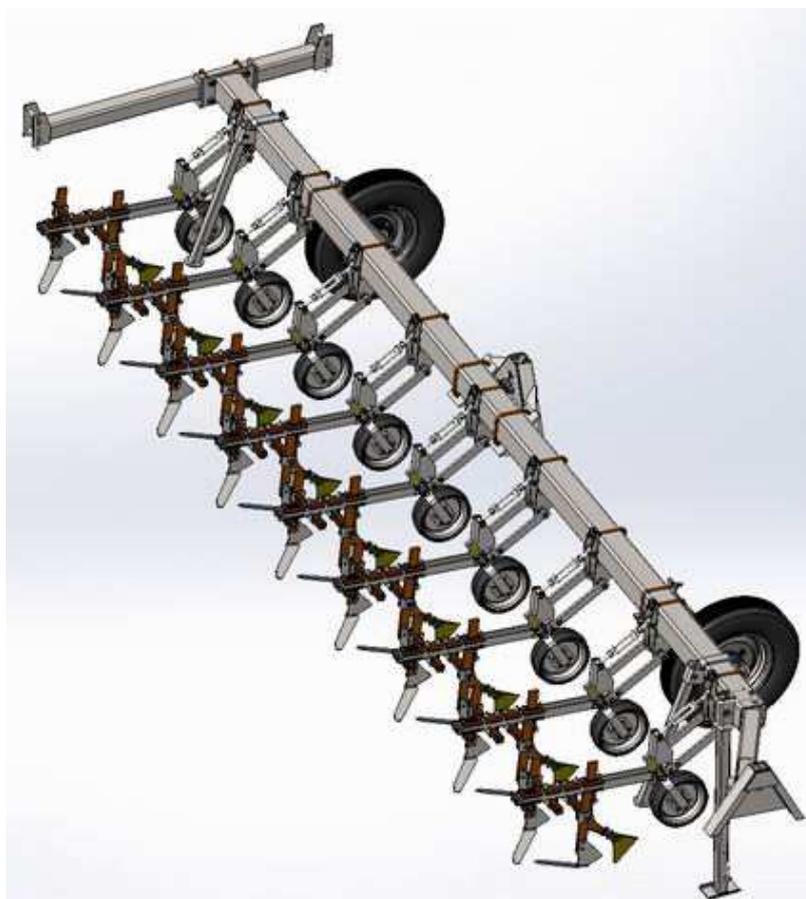


Рисунок 4 – Культиватор КУМ-5,6

Для катка прикатывающего зубчато-кольчатого КЗК-12 «КАЗАК» (рисунок 5, 6) в результате анализа напряжено-деформированного состояния каркаса исходного проекта в рабочем и транспортном положении произведены замены размеров поперечных сечений 47 элементов из доступного сортамента, что позволило уменьшить массу конструкции на 211 кг.

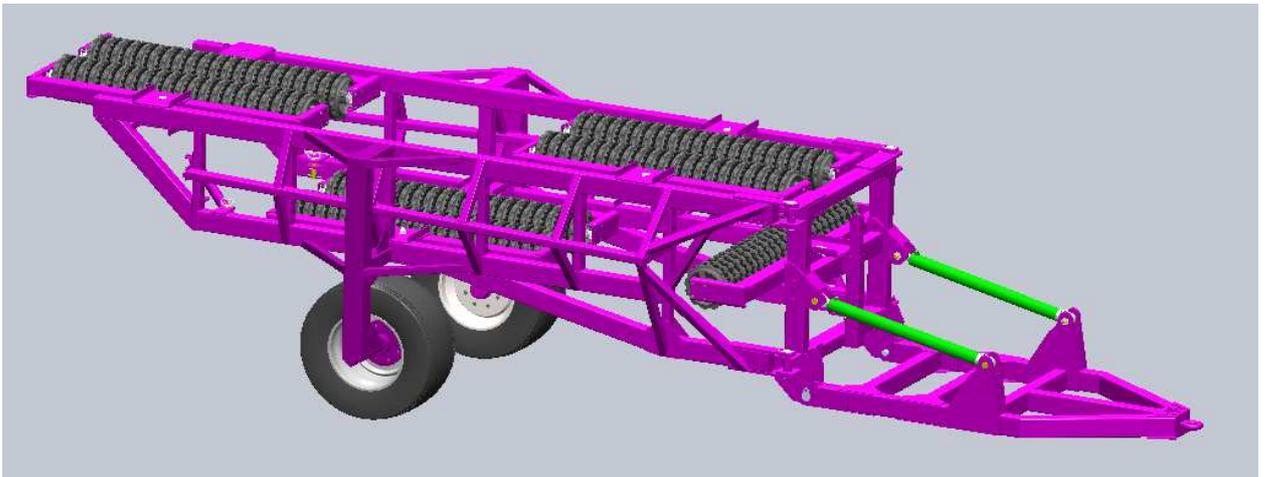


Рисунок 5 - Транспортное положение «КЗК-12»

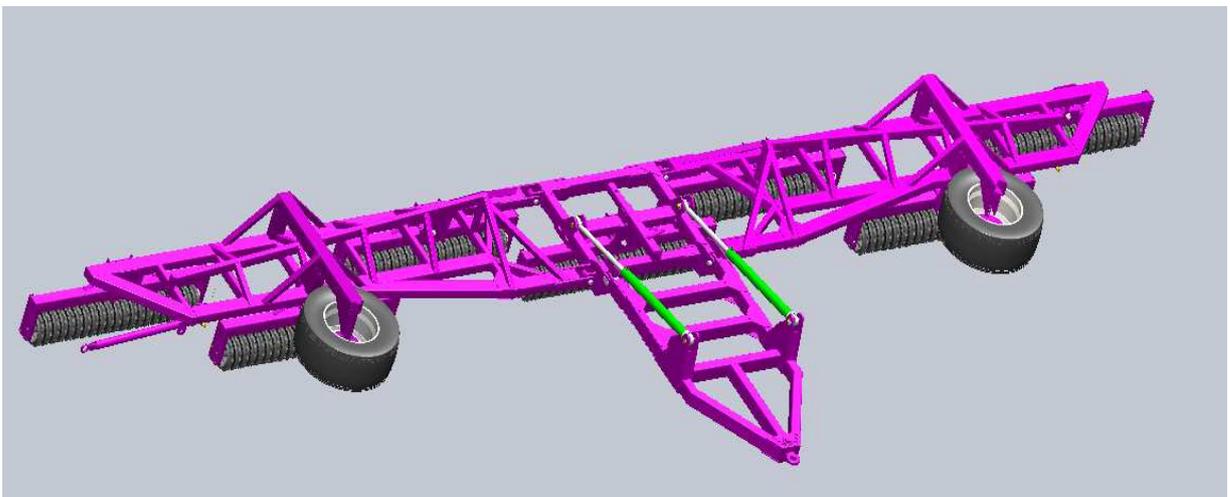


Рисунок 6 - «КЗК-12» в рабочем положении

Разработаны рациональные конструкции несущих ферм для ремонта перекрытия зернохранилища, обеспечивающие прочностную надёжность перекрытия при нормативной нагрузке от снегового покрова (рисунок 7, 8). В решаемых задачах оптимизации конструкций ограничением является использование доступного сортамента стандартных профилей для несущих элементов.



Рисунок 7 – Разрушенные части перекрытий зернохранилища

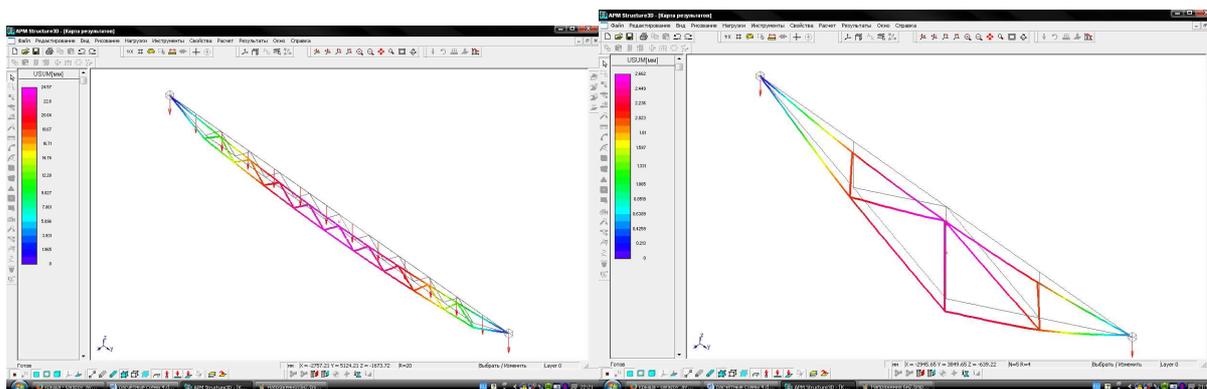


Рисунок 8 – Результаты анализа деформаций ферм перекрытия

Сотрудничество технического центра ООО «Нью Тон» с кафедрой «Механика», студенческим конструкторским бюро ВПИ (филиала) ВолгГТУ продуктивно и будет продолжено с совершенствованием форм взаимодействия.

## ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ БЕЗЫЗНОСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ В МУП ВАК 1732

Ю.К. Оганян, П.А. Кулько, А.П.Кулько  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Изнашивание подвижных сопряжённых деталей машин в эксплуатации является объективной закономерностью в результате действия сил трения. Поэтому затраты на ремонт и техническое обслуживание многих машин, по информации авторов [1], за период их эксплуатации в 5 – 15 раз превышают стоимость новой машины.

*Одним из самых перспективных способов борьбы с износом явилось использование открытого советскими учёными Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским в 1965 г., получившее название «избирательный перенос»[1].*

*Избирательный перенос образуется при трении медных сплавов о сталь в условиях граничной смазки. Происходит явление переноса меди из твёрдого раствора медного сплава на сталь и обратного его переноса со стали на медный сплав. В зоне трения образуется тонкая металлическая неокисляющая плёнка с низким сопротивлением сдвигу. При этом уменьшается коэффициент трения  $f$  до величины жидкостного ( $f = 0.001-0,01$ ). Это явление получило название «Эффект безызносности» и послужило началом бурного развития научного направления по изучению, разработке и внедрению смазочных твёрдых и жидких металлосодержащих композиций.*

*В результате исследований, выполненных В.Ф. Пичугиным [2] и др., составлена теория взаимодействия пары медный сплав – сталь при реализации избирательного переноса, а также состава и строения защитной плёнки.*

*Выделяют три периода взаимодействия поверхностей деталей (рис.1). В начальной стадии происходит разрушение более мягкого материала, удалении с поверхности трения окисных плёнок. Во второй стадии происходит намазывание медного сплава на стальной образец. В третьей – происходят химические реакции, и формирование аморфного органического вещества сложноэфирного состава на большой площади фрикционной ювенальной поверхности меди. При этом происходит резкое снижение коэффициента трения.*

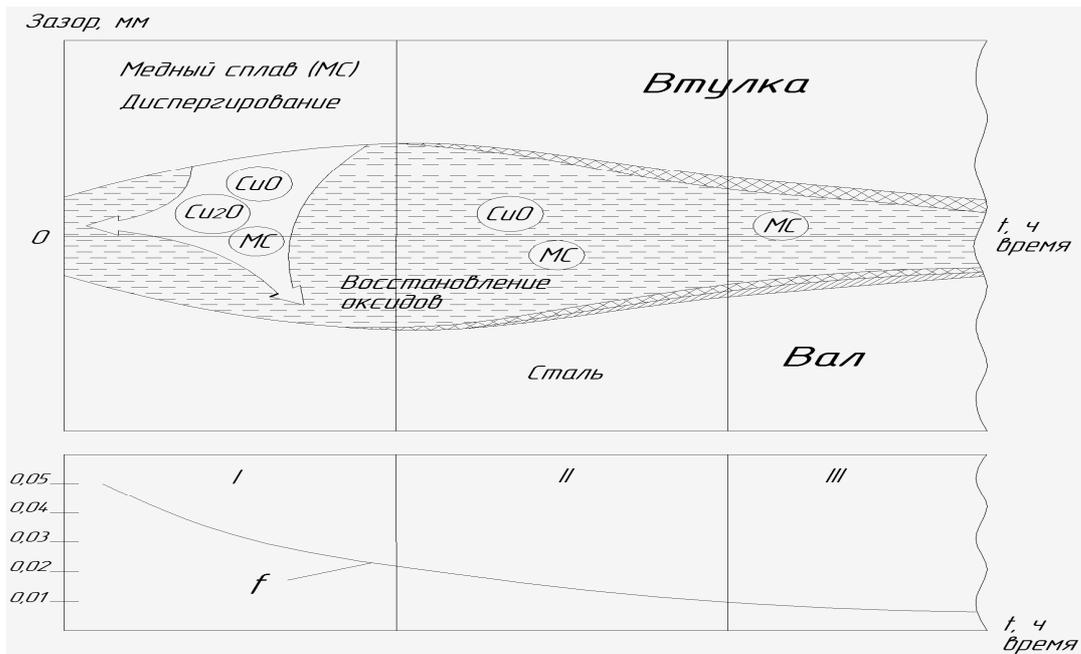


Рис.1. Схема взаимодействия поверхностей деталей при избирательном переносе: I период - разрушение более мягкого материала; II период – нанесение медного сплава на стальной образец; III период - формирование аморфного органического вещества на поверхности меди.

В настоящее время широко применяются методы нанесения антифрикционных покрытий толщиной до 3 мкм на поверхности гильз цилиндров и шеек коленчатого вала.

Способ финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) состоит в том, что поверхность гильзы хонингуют, например, на станке 3Г833, хоним с брусками из редкоземельных элементов: галлий – 88%: медь – 2%: индий - 10%. Для шеек коленчатого вала нанесение антифрикционного слоя выполняется на круглошифовальных станках для коленчатого вала 3А432 посредством стержня из галлия и бронзы под давлением 0,3 МПа [3]. При этом износ рабочих поверхностей снижается на 20%.

Обработку методом ФАБО можно выполнять на токарно-винторезном станке, например, 1К63, с помощью приспособления, установленного в резцедержателе (Рис.2). В головке 8 установлены стаканы 7 и 16. В разрезных направляющих втулках 2 и 15 перемещаются два подвижных штока 6 и 12, в которых установлены прутки 4 и 14 из меди или латуни. Через систему рычагов 17 прутки прижимаются к обрабатываемой поверхности гильзы 3 под давлением 80...120 МПа.

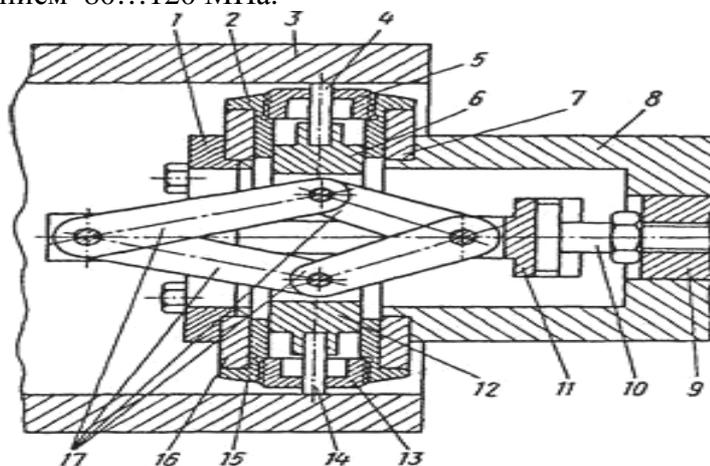


Рис.2. Токарное приспособление для нанесения медного сплава на рабочую поверхность гильзы цилиндра

Не менее эффективный износостойкий слой получают применением антифрикционной ресурсовосстанавливающей композиции (АРВК). АРВК является суспензией, состоящей из базовой жидкости, серпентинита (естественного силиката магния) в виде взвеси и трибополимеробразующей (ТПО) присадки. Применение АРВК на двигателе Д – 240 позволило после наработки 228 ч повысить компрессию в цилиндрах со  $180 \text{ Н/см}^2$  до  $210 \text{ Н/см}^2$ , увеличить мощность на 3.7 кВт и снизить удельный расход топлива на 39 г/кВт·ч [4].

Статистический анализ ремонта двигателей в МУП ВАК – 1732 показал, что количество средних и капитальных ремонтов двигателей с ежегодной заменой цилиндропоршневой группы составил 53 единицы за 2009 по 2014 г.

Для снижения затрат на ремонт двигателей предлагается на участке ремонта двигателя в МУП ВАК -1732 организовать пост по применению методов ФАБО и композиции АРВК при ремонте гильз и коленчатых валов, что позволит сократить количество ремонтов двигателей не менее чем на 20%.

#### Литература

1.Радин Ю.А., Сулов П.Г. Безызнаемость деталей машин при трении. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 229 с.

2.Пичугин В.Ф. О механизме избирательного переноса при изнашивании пары медный сплав – сталь.//Трение и износ. Минск, 1978. Т.V. № 2.- С.284 -294.

3. Степанов В., Колчин А. Повышение ресурса автомобильных двигателей при ремонте способом финишной антифрикционной безабразивной обработки.//АТ № 9, 1999.- С.18-20.

4. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин. Учебник. 5-е изд. перераб. доп. 2002 год. 626 с.

## **ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБКАТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОБУСОВ НА ООО «ВОЛГАБАС»**

И.А. Шавлейко, П.А. Кулько, А.П.Кулько  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Автомобиль, сходящий с конвейера завода, должен подвергаться обкаточным испытаниям с целью проведения приработки сопряжённых деталей, а также выявления скрытых дефектов деталей, сборки узлов и агрегатов и связанных с этим утечкой масла, охлаждающей и тормозной жидкости.



Рис. 1. Автобус «Волжанин – 5270»

Обкаточные испытания автобусов марки «Волжанин» проводятся на близлежащих дорогах общего пользования. При этом пробег автомобиля может составлять до

нескольких десятков километров. Обкатка на дорогах имеет ряд существенных недостатков: загружаются в г. Волжском городские и пригородные дороги, расходуется значительное количество топлива, требуется довольно большой штат водителей. Погодные условия оказывают влияние на вероятность выявления дефектов, обкатка занимает много времени, нередко возникают аварийные ситуации на дорогах.

Более перспективным и экономически выгодным является применение специальных обкаточных тяговых барабанных (роликовых) стендов, обкатка автомобилей на которых свободна от отмеченных недостатков и, кроме того, позволяет создать лучшие условия работы водителей – испытателей [3].

Обкатка автобусов на этих стендах несколько отличается от дорожных условий: отсутствует сопротивление воздуха, появляются дополнительные потери на преодоление сопротивлений в механизме стенда, меняется коэффициент сопротивления качению колес, изменяется деформация шин, характер распределения нормальных давлений в контакте, снижается коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью и т.д.

Барабанные, тяговые (мощностные) стенды можно использовать не только для замены обкаточных испытаний по твердой дороге, но и для воссоздания различных нагрузочных режимов, соответствующих разнообразным дорожно-эксплуатационным условиям, что позволяет выполнять исследования надежности и долговечности деталей и узлов трансмиссии автомобиля вне зависимости от погодных условий, и поэтому сокращает время и материальные затраты.

Тяговые стенды, применяемые на предприятиях автопрома, должны соответствовать ГОСТ 26899 – 86 и обеспечивать определение значений следующих параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности [1], указанных в Таблице 1.

В настоящее время широкое применение получили современные стенды для обкатки автобусов.

1. Стенд роликовый мощностной «RAM 3000 U».

Изготовитель: фирма «Sun Electric Europe a division of Snap-on Europe Holding B.V., Spaklerweg 69, 1099 BB Amsterdam The Netherlands».

2. Стенды роликовые мощностные серии Hofmann Dynatest.

Изготовитель: фирма «Snap-on Equipment GmbH - Testing Division», Konrad-Zuse-Strasse 1, 84579 Untemeukirchen, Germany.

3. Динамический мощностной роликовый стенд СДМ 1-3500.200

Страна производитель: Россия.

4. Стенды роликовые мощностные CARTEC

Изготовитель: фирма «Snap-on Equipment GmbH - Testing Division», Germany. Konrad-Zuse-Strasse 1, 84579 Untemeukirchen, Germany.

5. Стенды роликовые мощностные LPS фирмы МАНА

Изготовитель: фирма МАНА Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG., Германия. Адрес: D-87490 Haldenwang/Allgall-Hoyen 20, Germany

Таблица 1

Наименование диагностического параметра	Предел допускаемой основной погрешности %, не более, для тяговых стендов		
	инерционных	силовых	инерционно-силовых
1. Мощность на ведущих колесах, кВт	±3,0	±3,0	±3,0

2. Тяговое усилие на ведущих колесах, Н.	-	±2,0	±2,0
3. Линейная скорость на окружности роликов, км/ч.	±2,0	±2,0	±2,0
4. Расход топлива, л/100 км или л/ч (кг/ч) или г/кВт·ч	±2,0	±2,0	±2,0
5. Эффективная мощность двигателя, кВт.	±4,0	±4,0	±4,0
6. Соппротивление вращению колес и трансмиссии, Н.	-	±2,0	±2,0
7. Время или путь разгона (выбега), с.	±1,0	-	±1,0
8. Ускорение (замедление) при разгоне (выбеге), м/с.	±3,0	-	-
9. Частота вращения коленчатого вала, с.	-	±2,0	±2,0
10. Линейная скорость на окружности роликов при переключении гидромеханической передачи, км/ч.	±2,0	±2,0	±2,0

Примечания:

1. Предел допускаемой основной погрешности тяговых стендов указан в процентах верхнего предела измерений.

2. Предел допускаемой дополнительной погрешности тяговых стендов должен быть не более половины предела допускаемой основной погрешности.

Для примера решения технологического проекта рассмотрим стенд LPS 3000/R200 для грузовых автомобилей и автобусов.

Основной отличительной особенностью стенда является использование в качестве привода (при холодной обкатке) и нагрузочного устройства (при горячей обкатке под нагрузкой) асинхронного электродвигателя модели «4 АНК – 250 SB4» с мощностью N=90 кВт. Важной характеристикой стенда является также то, что в его состав входит рекуператор, который отдает электроэнергию от этого электродвигателя, работающего при горячей обкатке в генераторном режиме, в промышленную электросеть.

При испытании автобуса на стенде возможно подсоединение газоанализатора и дымомера MDO 2 LON «Test Lane Connection».

Роликовые агрегаты стенда снабжены гидropодъемником с функцией блокировки роликов, двумя электродинамическими тормозами, отдельными или цельными роликовыми агрегатами [2].

При проведении мощностных испытаний стенд предоставляет точные, воспроизводимые результаты по мощности двигателя и крутящему моменту. Пересчет измеренных данных в стандартные величины соответственно международным стандартам производится автоматически. Более того, благодаря режимам моделирования нагрузки, на стенде LPS 3000 – имеется возможность проводить испытания автобусов в нагруженном состоянии. Возможность подключения таких опций, как расходомер, дымомер и газоанализатор, делают данный стенд универсальным для установки и использования в промышленности и на сервисных станциях. Стенд LPS 3000 может быть с неразделенным или разделенным роликовым агрегатом (предназначен для установки на канаву). Поставляемый в качестве опции комплект холостых роликов делает возможной диагностику автобусов со сдвоен-

ными задними осями, например, автобусов «Волжанин – 6270». Гидравлическое нагружающее устройство обеспечивает оптимальное сцепление колес с роликами [2].

Результаты измерений представляются на экране монитора в цифровом и графическом виде.

**Техническими решениями проекта являются:**

- значительное сокращение расхода топлива;
- погодные условия не оказывают влияние на вероятность выявления дефектов;
- оптимизация количества рабочих, участвующих в обкатке;
- создание лучших условий работы водителей – испытателей;
- исключение возникновения аварийных ситуаций на дорогах города.

Разработка и внедрение инновационных решений по проекту позволяет получить следующие результаты:

1. Капитальные затраты на осуществлении проекта, руб.	6021800
2. Годовой экономический эффект, руб.	2999587
3. Рентабельность инвестиций, %	48,8
4. Срок окупаемости инвестиций, год (а)	2,0

**Рекомендуется:**

1. Организовать на ООО «ВОЛГАБАС» отделение обкатки для автобусов.
2. Внедрить в отделении современный роликовый стенд, например, фирмы «МА-НА» модели «LPS 3000/R200» (Германия).

**Литература**

1. ГОСТ 26899-86. Техническая диагностика. Стенды роликовые для определения параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей и колесных тракторов в условиях эксплуатации. Общие технические требования. Издательство стандартов, 1986. – 9 с.
2. Инструкция по эксплуатации роликового мощностного стенда LPS 3000: Редакция D1 0524BA1-RU01, 2005. – 110 с.
3. <http://avtonam.ru/useful/obkatka-novogo-avtomobilya/>

**ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТАХ Г.ВОЛЖСКОГО ПО МАРШРУТАМ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА.**

А.А. Страхов студент гр. ВТС431,  
Научный руководитель старший преподаватель М.В. Великанова  
ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Установление рациональной организации движения городского пассажирского транспорта, построение маршрутных сетей, распределение подвижного состава по маршрутам и составление расписания производят по исходным данным, которые могут быть получены в результате обследований и учета пассажиропотоков. Использование при разработке организации движения городского транспорта материалов фактического обследования пассажиропотоков позволяет наилучшим образом обеспечить обслуживание городского населения и наиболее эффективно использовать подвижной состав на линии. Организацию движения городского транспорта возможно осуществить лишь при наиболее полной координации работы всех видов транспорта. Поэтому обследование пассажиропотоков должно носить комплексный характер, т. е. охватывать одновременно все виды городского пассажирского транспорта. Материалы обследования должны содержать данные о направлении и мощности пассажиропотоков, распределении потоков по участкам транспортной сети, изменении пассажиропотоков по времени года, дням недели и часам суток,

а также данные о средней длине поездки пассажиров. Обследования проводят регулярно. Периодические обследования пассажиропотоков всех видов городского транспорта проводят не реже 1 раза в два-три года. Систематические обследования работы отдельных маршрутов (транспортных узлов) проводят по заранее составленному на год плану, который по мере необходимости может корректироваться.

В настоящее время применяют, в основном, два метода обследования пассажиропотоков: обследования анкетным методом, который не связан с существующей маршрутной системой городского транспорта; обследования талонным или глазомерным методом; натурные обследования фактического движения транспорта по маршрутам.

Обследование пассажиропотоков проводилось по проспекту Ленина до 7 мик-на и улице Коммунистической в прямом и обратном направлениях табличным методом. Учетчики находились на остановочных пунктах и отмечали по каждому маршрутному такси и автобусу количество вошедших и вышедших пассажиров за каждый час, обследование проводилось с 8-00 до 20-00.

Обработка полученных данных показала, с 8-00 до 20-00 наибольший пассажиропоток на участке с пл. Строителей до Центрального рынка наблюдается у городских маршрутных такси и составляет 6610 человек.

В выходной день с 8-00 до 20-00 наибольший пассажиропоток на участке с пл. Строителей до Центрального рынка наблюдается у городских маршрутных такси и составляет 3682 человек.

В дальнейшем были выявлены доли распределения пассажиропотоков по маршрутам и представлены на рисунках 1 и 2.

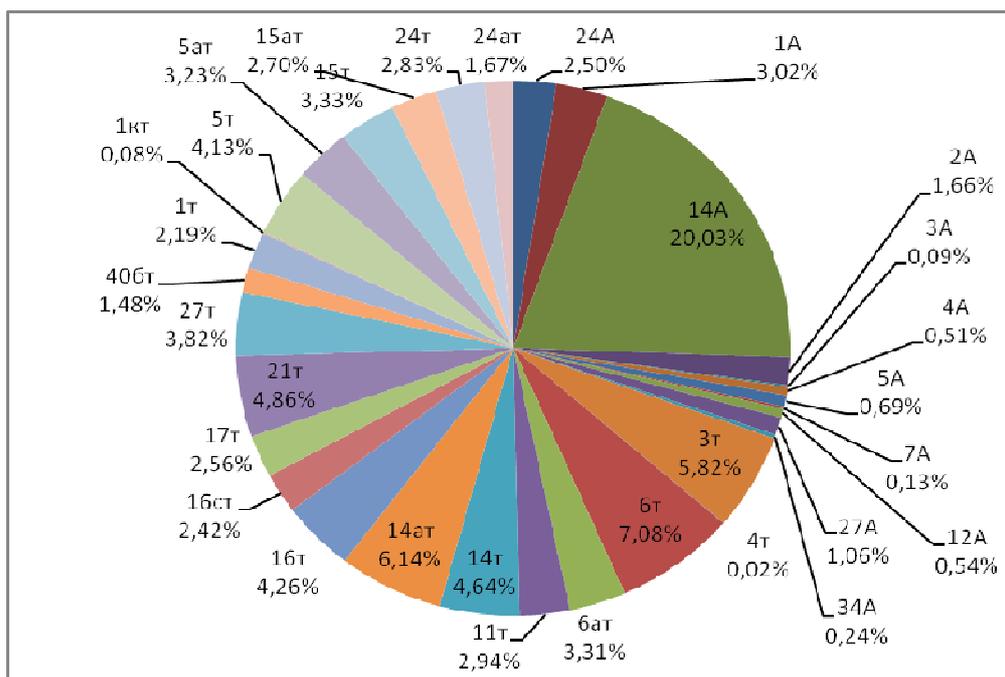


Рис. 1. Сегментация пассажиропотока городских маршрутов на участке с пл. Строителей- Центральный рынок и ЖДВ- Центральный рынок.

Минимальный пассажиропоток наблюдается у маршрутов 3А, 4А, 5А, 7А, 4т, 1кт, максимальный пассажиропоток у маршрутов 14А, 6т и 14ат (рис 1).

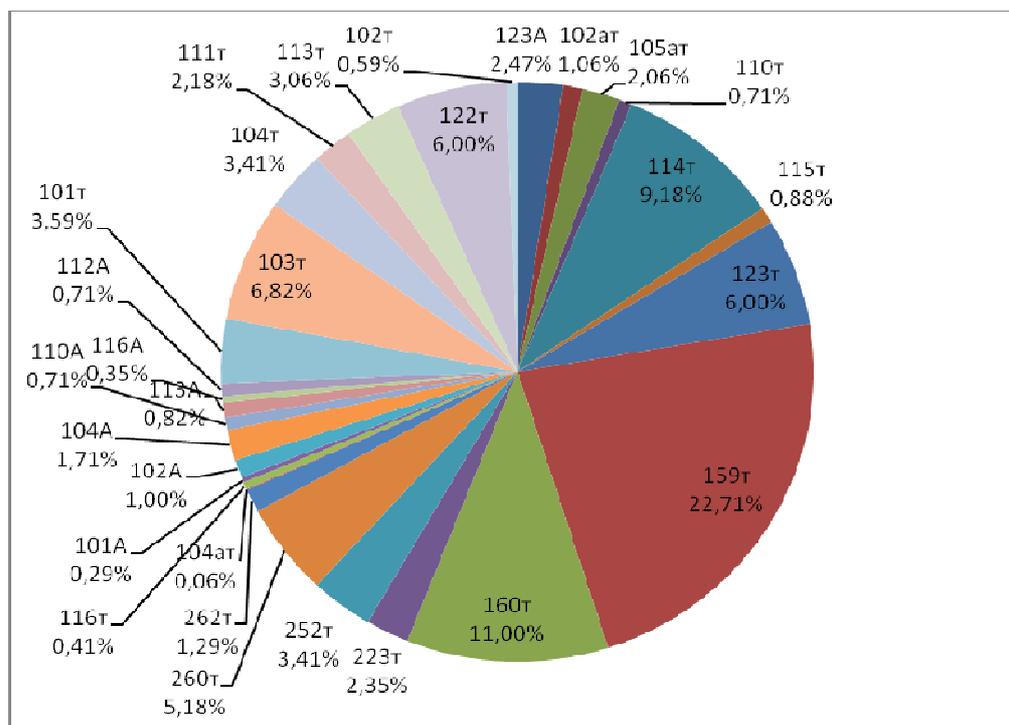


Рис. 2. Сегментация пассажиропотока пригородных маршрутов на участке с пл. Строителей- Центральный рынок и ЖДВ- Центральный рынок.

Минимальный пассажиропоток наблюдается у маршрутов 101А, 104ат, 116А, 116т, а максимальный пассажиропоток у маршрутов 159т, 160т, 114т, 103т (рис 2).

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛА С ОБОСНОВАНИЕМ ВЫБРАННОГО ВАРИАНТА

Санинский В. А., докт. техн. наук, Болатова Г. Б.  
студент, ВПИ (филиал) ВолгГТУ.  
saninv@rambler. ru

**Аннотация.** Приводится содержание работ по проектированию альтернативного варианта автоматической линии для обработки детали типа «Вал-шестерня». В состав сачночного парка входят токарный, вертикально – фрезерного станков с ЧПУ мод. 16К20РФ3 и 6Р13Ф3, манипуляторы и транспортные устройства.

**Основная часть.** Цель работы: самостоятельно применить знания, полученные при изучении курса «Станки с ЧПУ и автоматические линии».

Задание на проект включает разработку компоновочной схемы автоматической линии для изготовления детали типа вал-шестерня и расчет экономических показателей выбранной линии.

Проект разрабатывается на основе разработки и сравнительного анализа альтернативных вариантов автоматических линии на группу деталей, выбора металлорежущих станков с ЧПУ и разработку управляющих программ, выбор и расчет манипуляторов и захватных устройств для обрабатываемой детали.

Основное содержание проекта включает анализ технологичности конструкции деталей, технологический процесс изготовления детали, анализ базового технологического процесса по критерию, обеспечения заданной сменной производительности, уточненный расчет производительности линии, выбор транспортно – загрузочно системы, схвата захватного устройства.

Автоматизация производственных процессов всегда являлась одним из важнейших направлений развития научно-технического прогресса. В настоящее время автоматизация занимает ведущее место в развитии промышленности. Несмотря на затраты, связанные с автоматизацией, она позволяет освободить гораздо больше средств за счет повышения производительности и экономии живого труда. Автоматизация дает толчок в развитии важнейших отраслей промышленности, позволяет снизить себестоимость их продукции.

Важнейшей частью любого автомата являются система и механизмы управления. Одним из важнейших определяющих признаков современных автоматизированной обработки является системы управления, которая реализует заданную программу работы, координирует работу всех станков, механизмов и устройств автоматической линии в течение рабочего цикла и выполняет ряд дополнительных функций.

Механизация и автоматизация цикла обработки заготовки создает условия для повышения производительности и качества работ на металлорежущих станках. Они связаны с разработкой управляющих программ, соответствующих заданному алгоритму функционирования станков, манипуляторов и транспортной системы автоматической линии при обработке конкретной заготовки.

Исходными данными для выполнения проекта являются чертежи детали и заготовки, программа выпуска детали, базовый вариант маршрутного техпроцесса детали, изготавливаемой на поточной линии из универсальных станков и задание на ее модернизацию в соответствии с изменившейся программой выпуска до 230 шт./смену. Такое изменение потребовало выполнение проектного задания на достижение увеличенных производительности изготовления детали и ее номенклатуры и, соответственно, перехода с точного на автоматизированное гибкое производство.

*Анализ технологичности конструкции детали показал, что деталь по назначению является валом-шестерней с уменьшающимися диаметрами от середины к торцам детали (рис. 1).*

Она изготавливается из углеродистой конструкционной стали 45 ГОСТ 4543-89, с твердостью HB 220...260 поверхностей детали после термообработки улучшением HB 220...260.

В качестве конструкторской, технологической и измерительной базы принята ось центровых отверстий В 6,3 мм, выполненных в торцах детали, что является технологичным, так как не нарушается принцип единства баз.

На чертеже детали имеются все виды, сечения и разрезы необходимые для того, чтобы представить все конструктивные элементы детали и обеспечить их качественное изготовление.

Заменить деталь сборным узлом или армированной конструкцией представляется нецелесообразным.

Для облегчения установки подшипников, а также колеса и съемной шестерни на детали выполнены заходные фаски. Жесткость детали определим по формуле:

$$c = l * d_{np}^{-1}, (1)$$

где  $l$  – длина детали,  $l = 600$  мм;

$d_{np}$  - приведённый диаметр детали:

$$d_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i * l_i}{l}, \quad (2)$$

где  $d_i$ ,  $l_i$  - соответственно, диаметр и длина  $i$ -той ступени детали;

$n$  – количество ступеней детали.

Тогда

$$d_{np} = \frac{75*(90+55) + (147,5+31)*85 + 125*90 + 67,5*100 + 84*134}{600} = \frac{553055}{60} = 92,1725 \text{ мм.}$$

$$C = \frac{600}{92,1725} = 6,51.$$

Тогда

Так как жёсткость детали значительна и не превышает критического значения, равного 12, то для обработки детали не требуются люнеты, а режимы резания могут быть максимально интенсивными.

Все поверхности детали доступны для обработки и измерений. Возможно использование высокопроизводительного оборудования и стандартной технологической оснастки.

К поверхностям детали  $\varnothing 75\text{k}6$ ,  $\varnothing 85\text{n}6$ ,  $\varnothing 90\text{n}6$  предъявляются особые требования по величине радиального биения относительно оси детали. Его величина не должна превышать 0,025 мм. Для торцовых поверхностей  $\varnothing 75\text{k}6/\varnothing 85\text{n}6$  и  $\varnothing 75\text{k}6/\varnothing 85\text{h}14$  ограничивается торцовое биение относительно плоскости перпендикулярной оси детали, не более 0,012 мм недопущения перекося подшипников для. Для шестерни класса точности 9-B принимаются допуски на радиальное и торцевое биение 0,06 и 0,04 мм соответственно. При выдерживании этих требований технологических трудностей не возникает

Наиболее точными поверхностями детали являются поверхности  $\varnothing 75\text{k}6$ ,  $\varnothing 85\text{n}6$  и  $\varnothing 90\text{n}6$ . Обеспечение этой точности требует обработки абразивным инструментом.

На детали имеются 2 шпоночных паза. Для их получения необходима пальцевая или дисковая фреза. Т.к. шпоночные пазы предназначены под призматические шпонки, то дисковая фреза не подходит.

Однако, наиболее прогрессивным будет решение по замене шпоночных пазов на равноосный профиль, что позволит повысить прочность валов и избежать применения фрезерных станков в линии.

Нетехнологичными элементами являются:

Канавки для выхода шлифовального круга, ослабляющие сечение детали и понижающие общую жесткость.

Шпоночные пазы, которые нельзя обработать пальцевой фрезой напроход.

Несмотря на указанные недостатки деталь в целом технологична.

## **2 Технологический процесс изготовления детали для неавтоматизированного производства**

Рассмотрим базовый ТП изготовления данной детали для неавтоматизированного производства и выберем операции, которые можно включить в автоматическую линию. Воспользуемся для анализа рис. 1.

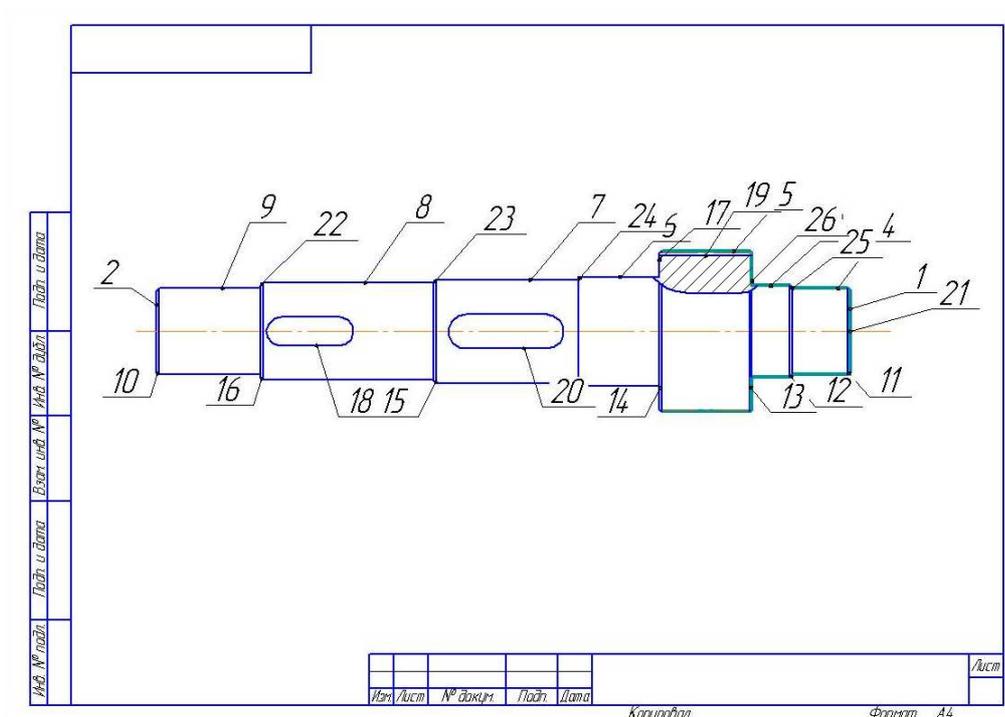


- Б. Переустановить заготовку
- 6. Точить пов. 4 начерно
- 7. Точить пов. 3 начерно
- 8. Точить пов. 5 начерно
- 9. Точить торец 26 начерно
- 025 Токарно-винторезная (чистовая) (16К20)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Точить пов. 4 начисто
- 2. Точить торец 26 начисто
- 3. Точить пов. 5 начисто
- 4. Точить фаску 11 однократно
- 5. Точить канавку 13 однократно
- 6. Точить канавку 25 однократно
- Б. Переустановить заготовку
- 7. Точить пов. 9 начисто
- 8. Точить пов. 8 начисто
- 9. Точить пов. 7 начисто
- 10. Точить торец 17 однократно
- 11. Точить фаску 10 однократно
- 12. Точить фаску 16 однократно
- 13. Точить фаску 15 однократно
- 14. Точить фаску 14 однократно
- 15. Точить канавку 22 однократно
- 16. Точить канавку 23 однократно
- 17. Точить канавку 24 однократно
- 030 Вертикально-фрезерная (6Р11)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Фрезеровать шпоночный паз 18
- 2. Фрезеровать шпоночный паз 20
- 035 Зубофрезерная (53А20)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Фрезеровать 29 зубьев  $m=4$  ст. 9-В
- 040 Термическая (печь индукционная)
- 1. Улучшить
- 2. Закалить зубья ТВЧ на 1,5...2 мм
- 045 Слесарная (верстак слесарный)
- 1. Править центровые отверстия
- 050 Круглошлифовальная (3М151)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Шлифовать пов. 9 предварительно
- 2. Шлифовать пов. 8 предварительно
- 3. Шлифовать пов. 7 предварительно
- 055 Круглошлифовальная (3М151)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Шлифовать пов. 4 предварительно
- 060 Круглошлифовальная (3М151)
- А. Установить и снять заготовку
- 1. Шлифовать пов. 9 окончательно
- 2. Шлифовать пов. 8 окончательно
- 3. Шлифовать пов. 7 окончательно
- 065 Круглошлифовальная (3М151)
- А. Установить и снять заготовку

### 1. Шлифовать пов. 4 окончательно

Для включения в автоматическую линию выбираем фрезерно-центровальную, все токарные и вертикально-фрезерную операцию.

Для выбранных операций произведем расчет машинного времени и данные занесем в табл. 2.1.



### Список литературы

1. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т2/ Под. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 4-е изд.- М.: Машиностроение, 1985.-496с.
2. Методические указания по выполнению курсовых работ по дисциплине «Теория проектирования автоматизированных станочных комплексов» №774.Сост.:Л.П. Калафатова, А. Д. Молчанов Донецк ДонНТУ 2003. 47с.
3. Промышленные роботы. Справочник. Козырев Ю.Г.-М.: Машиностроение, 1988. - 392с.
4. Ковейеры. Справочник. Р.Л. Зенков, А.Н.Гнутов под. ред. Пертена. – Л.: Машиностроение, 1984. – 36бс.
5. Промышленные роботы в машиностроении. Альбом схем и чертежей. Ю.М. Соломенцев – М.: Машиностроение, 1987.
6. Кочергин А.И. Автоматы и автоматические линии. Минск, «Высшая школа», 1980г.
7. Станки с числовым программным управлением. Под. ред. доктора техн. наук, проф. В.А. Лещенко. М., Машиностроение, 1979г.
8. Программное управление станками под рад лектора техн. наук, проф. В.Л. Сосонкина. М., Машиностроение ,1981г.
9. Шорин Ю.С. Подготовка программ для станков с ЧПУ. М., Машиностроение, 1980г.
10. Руководство по эксплуатации вертикально-фрезерного станка с ЧПУ модели 6Р13ФЗ-01.

11. Изучение устройства, настройка и наладка вертикально- фрезерного станка модели 6Р13Ф3 = 01 с системой ЧПУ НЗ3-1М: методические указания. Составитель Стольников С. П. Волгоград, 1987. ВПИ. С. 32.
12. Курсовой проект по дисциплине “Теория проектирования автоматизированных станочных комплексов” на тему: «Проект автоматической линии для обработки детали типа «Вал-шестерня», ПК 08.6.09.02.03.62.00.000 ПЗ. Донецкий национальный технический университет. Гончаренко Д.О., Калафатова Л.П., Гусев В.В. Донецк, 2008, с. 43.
13. Подлеснов В. Н., Чурьяков В. Ф. Металлорежущие станки и промышленные роботы. Текст лекций. Волгоград: изд. ВолгПИ. 1980. 62.с.
14. Чернов Н. Н, Металлорежущие станки: учебник для техникумов по специальности «Обработка металлов резанием».- изд., перераб. и дополн. .- М.: Машиностроение, 1988,- 416 с., ил.

## **ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОБСАДНОЙ МУФТЫ В УСЛОВИЯХ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Санинский В. А., докт. техн. наук, Давыдов А. В., студент,  
ВПИ (филиал) ВолгГТУ.  
saninv@rambler. ru

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию качества обработанной поверхности резьбовых отверстия в муфтах для соединения обсадных труб, применяемых на буровых установках в нефтегазовой промышленности.

Рассматривается возможность обработки внутренних резьб на токарных станках с ЧПУ и на пинольных станках при использовании гребенчатой фрезы. Представлена методика и опыт применения метода вихрефрезерования гребенчатыми фрезами, направленная на повышение производительности обработки резьб.

**Введение.** Обзор литературных источников [1-7], показывает, что обработка наружных и внутренних поверхностей, в частности, в трубных заготовках для повышения их качества и устранения дефектов от прокатки чаще всего производится резьбовыми резцами (ТТС Волга) или гребенками, устанавливаемыми в картриджи, как это делается на ОАО ВТЗ [1].

Вихрефрезерование черновое и получистовое резьб в титановых и других труднообрабатываемых сплавах гребенчатыми фрезами [3, 4], обеспечивает повышения производительности обработки резьбовых поверхностей, а сам процесс идентифицируют с методом винтовой интерполяции [5].

Однако применение механической обработки глубоких отверстий в трубных заготовках с совмещением растачивания широким резцом [6] на основе сложения планетарно-круговой и осевой подач цилиндрической фрезы на пинольных станках [6] методом винтовой интерполяции, и изучено недостаточно, а применяется редко [7].

Целью настоящей работы является поиск возможностей обеспечения точности и производительности, а также улучшение сружкоделения на основе совмещения процессов винтовой интерполяции гребенчатой фрезой при обработке внутренних резьб муфт обсадных.

*Обзор и анализ существующих методик обеспечения благоприятного для обработки отверстий сружкоделения.*

Для повышения производительности обработки резьбовых поверхностей применяют наружное и внутреннее вихрефрезерование [2].

Исследуются возможности применения для вихревого фрезерования гребенчатых фрез [3, 4].

Однако применение вихрефрезерования [5], в частности глубоких отверстий с размещением планетарно- круговой и осевой подач цилиндрической фрезы изучено недостаточно [6] рис. 1.

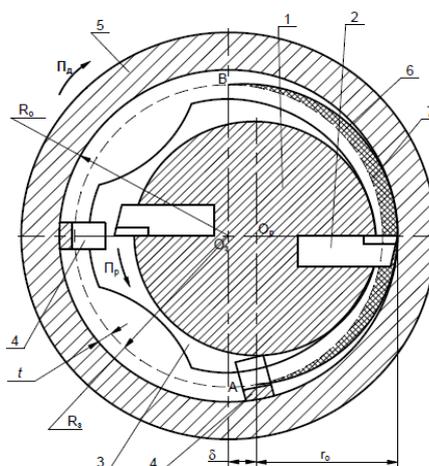


Рис. 3.4. Схема вихревого растачивания отверстий

1 – резцовая головка; 2 – резец-вставка; 3 – борштанга; 4 – направляющая; 5 – обрабатываемая деталь; 6 – сегмент срезаемой стружки

Рис 1. – Схема вихревого растачивания отверстий. 1 – резцовая головка; 2- резец-вставка; 3 – борштанга; 4 – направляющая; 5- обрабатываемая деталь; 6 – сегмент срезаемой стружки.

Применение многорезцовых головок, которые оснащены несколькими режущими элементами, расположенными по окружности, позволит увеличить производительность [6]. Пример такой головки приведен на рисунке 1[5].

В диссертации [7] описан способ вихревого нарезания резьбы, представляющий собой скоростное фрезерование вращающимися резцами. В современной технической литературе данный способ отмечается, как способ обработки резьбы с планетарным движением инструмента, обеспечивающих хорошее деление стружки.

Однако способ не предназначен для обработки глубоких отверстий, а отсутствие в известной конструкции механизмов планетарного движения обуславливает невозможность работы станка с большими подачами и повышенным съемом объема металла в единицу времени.

В настоящей работе предпринята попытка исследования возможности применения пинолей [8, 9] для вихрефрезерования резьб.

Этот способ фрезерования с дополнительным осевыми и планетарным движениями инструмента по данным [1] имеет возможность повысить производительность труда в 2,5-3 раза.

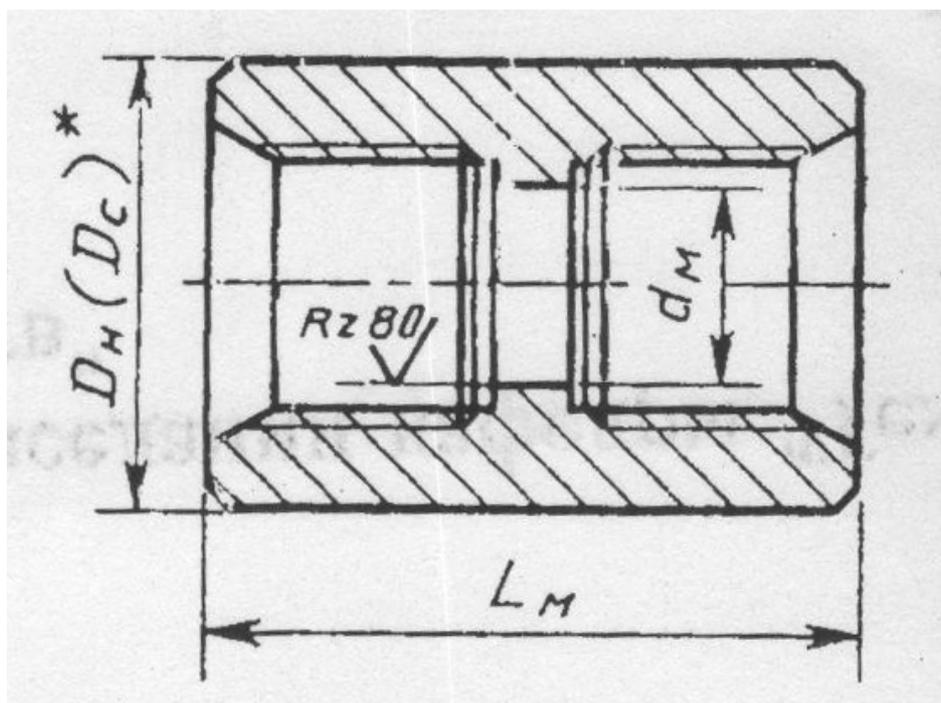


Рис 2. – Муфта

*Методики исследований [1-7]* в достаточной мере обосновывают возможность осуществления положительных процессов резания и их динамики при вихрефрезеровании внутренних резьб в глухих и открытых, коротких отверстиях.

**Обсуждение результатов исследований** процессов вихрефрезерования и нарезания резьб.

Можно сделать следующий вывод по результатам анализа литературных источников.

Существуют апробированные расчетные методики обеспечения стружкоотвода, в основе которых лежат процессы на винтовой интерполяции цилиндрических, концевых и гребенчатых фрез, однако применении этих методик для обеспечения стружкоотвода при лезвийной механической обработке глубоких отверстий изучено недостаточно [7], что предполагает необходимость проведения исследований этих процессов с целью применения в условиях малого предприятия.

#### Литература

1 Крепак А.С. , Булко Ю.Н. Динамические исследования процесса фрезерования с осевым движением инструмента. Сборник научных трудов. Изд. ВолгПИ, 1985.

2 Прогрессивные машиностроительные технологии: монография / А.Н. Афонин, (...), Ю.Н. Платонова, Л.А. Рыбак, В.А. Санинский, Е.В. Смоленцев, Н.А. Сторчак, (...), Ю.Л. Чигиринский. - М. : ИД "Спектр", 2012. - Т. I. - 333 с.

3 Каменецкий, А. В. Обработка резьб нефтяного и газового сортамента [Текст] /Л.И. Каменецкийц .-М. : ЗАО «Резьбовые технологии», 2003.

4 Оробинский, В.М. Определение геометрические параметры срезаемого слоя и подачи на резец головки при обработке цилиндрических поверхностей деталей вихревым фрезерованием/ В.М. Оробинский, Ольштынский П.В., Деулин М.М., Бессарабов С.В. Известия Волгоградского государственного технического университета (М-во образования

РФ). Сер 2. Прогрессивные технологии в машиностроении / Волгоград. гос. техн. ун-т. - Волгоград. 2003, Вып 6.-120 с.

5. Сайкин С. А. Повышение эффективности фрезерования в деталях из титановых сплавов: автореф. канд. техн. наук. Рыбинск. 2009, с. 16.

6. Отений Я.Н., Смольников Н.Я., Ольштынский Н.В. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: Монография / ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 136 с.

7. Косарев Д. В. Повышение точности формообразования внутренних резьб фрезами с твердосплавными пластинами при планетарном движении инструмента: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Косарев СамГТУ; Станкин. – Москва, 2010. – 232 с.

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА И УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ  
ПРОДУКЦИИ  
ООО «ХИМЗАЩИТА-ПРОМО»**

Г.А. Тиханкин кандидат химических наук, доцент кафедры ВТО, ВПИ филиал ВолгГТУ,  
г. Волжский.

А.В. Грошев студент гр., ВСЗ-676, кафедра ВТО, ВПИ филиал ВолгГТУ,  
г. Волжский.

Структура управления ООО «Химзащита-Промо» представляет собой линейно-функциональную структуру. Это означает, что функциональные подразделения могут сами отдавать распоряжения нижестоящим звеньям, но только по кругу вопросов, определяемому их функциональной специализацией. Линейные руководители являются единоначальниками, а им оказывают помощь функциональные органы.

В исследуемой организации линейными звеньями, осуществляющими основную работу, являются: отдел продаж, отдел главного инженера, производственно-технический отдел.

Функциональными обслуживающими подразделениями выступают транспортный отдел, отдел снабжения, бухгалтерия, служба юриста.

Как видно из организационной структуры, область управления качеством в ООО «Химзащита-Промо» не выделена в отдельную структуру компании, и это является типичным для малых строительных организаций. На сегодняшний день некоторые функции качества в управлении распределены между главным инженером (по большей части) и генеральным директором, руководителем ПТО, руководителем отдела снабжения.

Такое распределение ухудшает эффективность управления качеством в компании, поскольку ни одно из подразделений не может получить объективную оценку своей деятельности для начала планирования улучшений.

Хотя предприятие ООО «Химзащита-Промо» имеет документальное подтверждение соответствия системы менеджмента качества производства строительной продукции стандарту ISO 9001:2008, тем не менее, система не функционирует вследствие формального подхода высшего руководства к управлению качеством в компании в целом, и отсутствием инвестиций в данную сферу управления.

Исходя из результатов анализа организации управления предприятием можно сделать следующие выводы:

1) В структуре предприятия ООО «Химзащита-Промо» отсутствуют самостоятельные службы: финансового планирования; маркетинга; служба качества, что не позволяет четко структурировать все соответствующие функции и повышать эффективность их внедрения на предприятии.

2) Отдел кадров ООО «Химзащита-Промо» не отвечает современным требованиям функций отдела персонала, в нем отсутствуют секторы потенциала, мотивации и социальной политики:

3) В управлении ООО «Химзащита-Промо» не внедрены и не используются современные методы управления, создающие благоприятную социально-психологическую обстановку в коллективе и активизирующие нацеленность персонала на достижение результата:

4) В ООО «Химзащита-Промо» отсутствует система постоянного обучения сотрудников (как внутреннего, так и внешнего), вследствие этого в компании наблюдается недостаточный уровень применения научного и передового подхода в управлении;

Из опросов заказчиков, проводимом отделом продаж в 2013 и 2014 году, следует, что общее восприятие уровня качества в 2014 году снизилось.

На вопрос «Как бы вы оценили качество работ по пятибалльной шкале?», в 2014 году 10 % опрошенных оценило качество на 3 балла, 78 % на 4 балла, и лишь 12 % (vs 14% в 2013 г.) оценили качество работ на 5 баллов.

Те опрашиваемые, кто оценил работу на «хорошо» и «удовлетворительно» на вопрос «Почему вы недовольны качеством исполнения заказа?», и в 2013 и в 2014 отметили недостатки, которые можно условно разделить на 4 группы недовольности.

Первая группа: «сроки»: превышение сроков исполнения работ, несоответствие установленному графику.

Вторая группа: «несоответствие строительной продукции»: недоработка объема котлована, переработка объема котлована, не полностью выбранный фундамент при сносе, недостаточные углы откосов и др.

Третья группа: «побочные дефекты процесса», например: повышенный уровень пыльности, повышенный уровень шума при проведении работ.

Четвертая группа: «плохой уровень коммуникации»: например, проблемы сотрудничества с прорабом или мастером на психологическом уровне или несвоевременное предоставление документации для осуществления сделки.

Для повышения качества строительной продукции и, соответственно, удовлетворенности потребителей организации необходимо :

Определить и документально оформить требования потребителей ООО «Химзащита-Промо» по всем направлениям деятельности. Следует определить конкретные цели и показатели работы компании, основанные на требованиях потребителей. Потребности и ожидания потребителей следует анализировать через запланированные промежутки времени и обновлять, по необходимости. Для установления постоянной связи с заказчиком организовать «горячую линию качества», таким образом, чтобы у заказчика была возможность в любое время обратиться в отдел качества компании ООО «Химзащита-Промо». Для точной оценки удовлетворенности заказчиков ввести такой инструмент, как «Карта оценки проекта», которую заказчик мог бы заполнять во время и по выполнению проекта, с целью предоставления обратной связи.

В приведенной ниже диаграмме (рис. 1.1.) представлены все случаи несоответствия качества за 2013 и 2014 год, которые вызвали необходимость устранения дефектов и повлекли за собой дополнительные расходы средств компании «Химзащита-Промо».



Рисунок 1.1 – Динамика и характер несоответствий качества строительной продукции

Общее количество случаев несоответствий качества строительной продукции в 2014 году увеличилось с 25 до 27. Но, учитывая то, что и количество проектов увеличилось от 21 до 29, можно сказать, что случаи производства несоответствующей строительной продукции имеют тенденцию уменьшаться. Для определения количества несоответствий на один проект можно воспользоваться формулой:

$$N = \frac{N_{\text{несоотв.}}}{N_{\text{проектов}}}, \text{ где}$$

$N$  – количество несоответствий на один проект;

$N_{\text{несоотв.}}$  – общее количество несоответствий;

$N_{\text{проектов}}$  – общее количество проектов.

Тогда, количество несоответствий на один проект в 2013 и 2014 году будет составлять:

$$N(2013) = \frac{N_{\text{несоотв.}}}{N_{\text{проектов}}} = \frac{25}{21} = 1.19$$

$$N(2014) = \frac{N_{\text{несоотв.}}}{N_{\text{проектов}}} = \frac{27}{29} = 0.93$$

Снижение количества несоответствий на один проект в 2014 году (рис. 1.2) можно объяснить введением компанией практики разделения специализации труда, когда каждый из прорабов занимается только одним типом проектов.

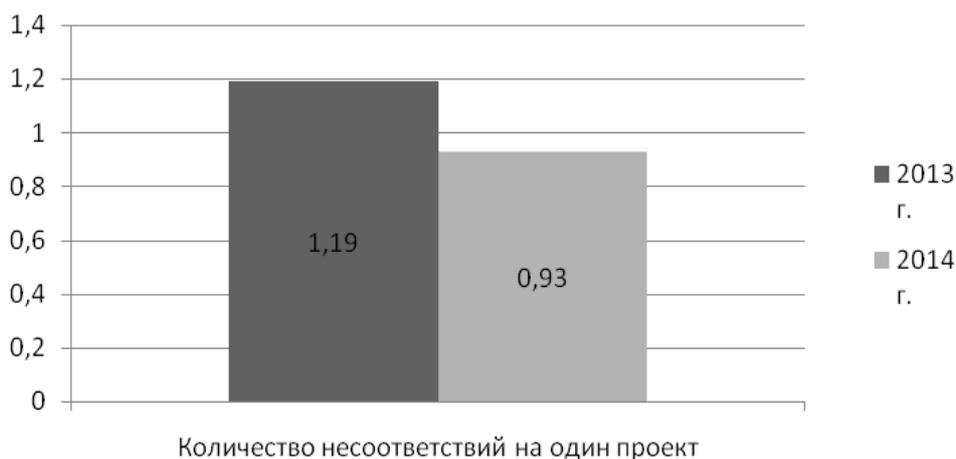


Рисунок 2.3 - Динамика количества несоответствий на один проект

Подобные простые, но яркие показатели могут и должны использоваться в ООО «Химзащита-Промо» для постановки целей перед производственными подразделениями, а также для стимулирования и поощрения сотрудников по результатам работы.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001:2008
2. Примерное положение об Отделе контроля качества строительных работ... <http://www.gosthelp.ru/text/PolozheniePrimernoepolozh3.html>
3. Сорокин М.Н. Внедрение стандарта ISO 9001:2000 в строительстве, проблемы и перспективы. [http://799775.ru/articles/articles\\_2.html](http://799775.ru/articles/articles_2.html)

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ПЛАСТИКОВ**

В. П. Багмутов\*, В. Н. Тышкевич\*\*, В. Б. Светличная\*\*  
\*ФГБОУ ВПО ВолгГТУ, \*\*ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ

Трубопроводы из армированных пластиков (АП) применяются в различных отраслях, но их основные достоинства - высокие удельные прочность и жесткость, особенно важны для конструкций, критерием оптимизации которых является масса конструкции. Это, в первую очередь, - авиационная и космическая техника.

Трубопроводы различного назначения являются многократно статически неопределимыми системами нерегулярной структуры, они работают в условиях динамического, статического и малоциклового нагружения внутренним давлением; реакциями опор; массовыми силами; усилиями от монтажных натягов; усилиями температурной самокомпенсации, возникающими в трубопроводе при изменении температуры транспортируемой среды, а также при периодических остановках и пусках системы.

При сложившейся практике проектирования трубопроводов совокупность нагрузок, характеризующих заданный режим нагружения и статически неопределимую трубопроводную систему, учитывается только на этапе проверочного расчёта. Расчет на прочность включает два этапа. На первом этапе выбирают размеры поперечных сечений труб, исходя из условий производительности и прочности. На этом этапе еще неизвестны внутренние усилия, поэтому расчет ведется только по внутреннему давлению. На втором этапе расчета определяют внутренние усилия, возникающие от внешних воздействий, и произ-

водят проверку прочности в опасных сечениях [1-3]. В этой схеме не реализуется потенциальная возможность АП оптимизации структуры материала с учётом особенностей нагружения и структуры трубопровода.

Задача оптимального проектирования трубопровода, удовлетворяющего определённым критериям оптимальности, связана с поиском наилучших сочетаний механических свойств, расположения и ориентации армирующих элементов в каждой точке трубопровода, что приводит к локально и глобально неоднородной системе.

Конструктивное и технологическое разделение трубопроводов на участки, наличие прямолинейных и криволинейных участков, их соединений различными способами, опор различных конструкций, трубопроводной арматуры так же вносят структурную неоднородность в проектируемую трубопроводную систему. Оптимальное проектирование трубопроводов из АП предполагает выделение варьируемых структурных параметров для двух уровней: структуры материала труб и структуры трубопроводной системы. На напряжённо-деформированное состояние трубопровода при действии внутреннего давления рабочей среды существенное влияние оказывают параметры длины, кривизны криволинейных участков, технологические дефекты формы поперечных сечений и криволинейных (манометрический эффект), и прямых участков [1-3].

Связанность задачи определяется зависимостью величин внутренних силовых факторов в статически неопределимой трубопроводной системе от соотношения жесткостей участков, от структурных параметров трубопровода (жёсткости, геометрии участков), а также зависимостью вектора возмущений (в частности, усилий от температурной самокомпенсации) от структурных параметров материала и трубопровода.

При создании трубопроводов из АП конструкция и материал формируются одновременно и вопросы оптимального проектирования (оптимального армирования, определения оптимальных геометрических параметров труб), конструирования и разработки технологического процесса не могут рассматриваться изолированно.

Оптимальное проектирование трубопроводов из АП является сложной научно-технической задачей, решение которой невозможно представить без целенаправленного использования современных компьютерных технологий и методологии системного анализа.

Ниже, в рамках подхода, описанного в работах [4, 5] применительно к системам проектирования оптимальных цельнокомпозитных конструкций и к системам создания многоуровневых комплексов моделирования структуры и свойств материалов при технологических воздействиях рассматриваются особенности построения системы оптимального проектирования трубопроводов из АП, которая представлена как совокупность алгоритмически связанных функциональных блоков.

В соответствии с современными представлениями о поэтапном проектировании ответственных технических объектов на функциональной схеме (рис. 1) выделены восемь основных блоков, выполняющих следующие задачи [4, 5]: 1) постановка задачи (ПЗ); 2) построение теоретически возможного (идеального) проекта (ТВП); 3) выбор технологии реализации проекта (ТР); 4) разработка рабочего проекта (РП); 5) проверочный расчёт свойств рабочего проекта (ПРП); 6) изготовление на основе РП опытного изделия или материализация проекта (МП); 7) организация и проведение натурального эксперимента (НЭ); 8) изготовление конструкции (ИК).

Каждый функциональный блок поддерживается определённой совокупностью компьютерных подсистем в виде вспомогательных программ, информационной базы, системы визуализации результатов, экспертной системы оценки его деятельности и др.

Рассмотрим особенности организации блоков с учётом специфики проектирования и изготовления трубопроводов из АП.

На рис. 1 показаны в основном информационные (функциональные) связи и направление передачи информации из одного блока в другие. Они позволяют целенаправленно вносить коррективы во все подсистемы и выработать компромиссные решения, в том числе и в постановочной части для создания окончательного варианта трубопровода [4, 5].

В данной работе специально не выделены управляющие связи и устройства, которые определяют их передачу в блоки, поскольку рассматривается человеко-машинный вариант системы, как наиболее эффективный для решения плохо формализуемыми приёмами многих сложных вопросов проектирования трубопроводов из АП [5].

**Блок ПЗ** (постановка задачи). Постановка задачи на проектирование трубопровода включает техническое задание и основные требования к теоретически возможному (идеальному) проекту – наиболее полный учёт всех факторов, влияющих на свойства, напряжённно-деформированное состояние, прочность и долговечность проектируемого трубопровода; минимизация затрат на проектирование; разработка и апробация оптимальных вариантов технологий расчёта и изготовления; обоснование необходимости и уровня натурных экспериментов. Достаточно общая постановка задачи может быть представлена следующим образом: при заданных параметрах рабочей среды, производительности трубопровода, при некоторых не вполне чётко заданных условиях на пространственную конфигурацию трубопровода, расположение и конструкцию опор, конструкцию соединений участков; вид исходных материалов и технологию изготовления требуется подобрать толщину стенки труб, структуру пакета слоёв (углы армирования, толщины и виды материала слоёв) по всей длине трубопровода, геометрические параметры криволинейных участков таким образом, чтобы: 1) поле напряжений было статически допустимым; 2) поле деформаций – кинематически допустимым; 3) выполнялся закон среды (уравнения связи между напряжениями, деформациями и структурными параметрами); 4) не нарушались условия прочности и технологические ограничения; 5) удовлетворялись требования оптимальности (предельно допустимая нагрузка, минимальная масса, стоимость и др.).

Отсюда следует, что спектр поддерживающих блок ПЗ программ может быть достаточно широким – от традиционных (при формальном подходе к решению оптимизационных задач, таких как необходимые уравнения, условия различного рода, целевые функции или функционалы), до специальных, ускоряющих решение при неформальном подходе [4].

**Блок ТВП** (построение теоретически возможного проекта). На данном этапе строится оптимальный теоретически возможный проект (условно – «идеальный проект») трубопровода. ТВП удовлетворяет необходимые условия поставленной задачи при наиболее

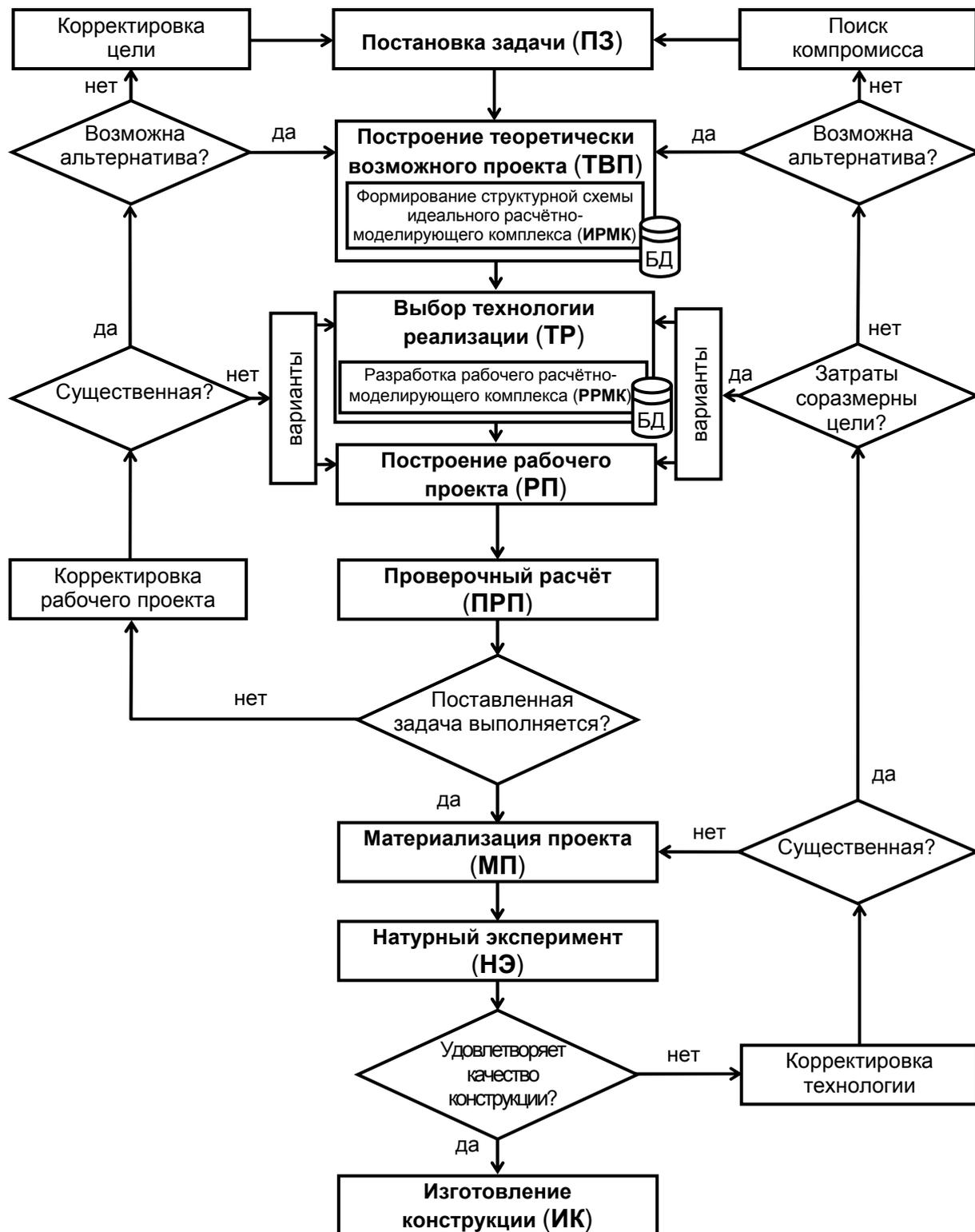


Рисунок 1 - Функциональная структура системы оптимального проектирования трубопроводов из армированных пластиков

полном учёте всех факторов, влияющих: на структуру и свойства материала, структурные параметры трубопровода; на напряжённо-деформированное состояние и прочность трубопровода в условиях характерного нагружения при эксплуатации. При построении ТВП не

ограничивается свобода в выборе технологии математической реализации, не ставятся ограничения на математическую сложность двухуровневой оптимизации структуры материала и трубопровода.

Для решения сложной многоуровневой связанной задачи МДГТ оптимизации трубопроводной системы при построении ТВП необходима разработка идеального расчётно-моделирующего комплекса (ИРМК). На рис. 2 показана структура ИРМК для построения ТВП. Выделены основные группы задач (отмечены на рис. 2 римскими цифрами), соответствующих им моделей и методов решения, а также намечены взаимосвязи в получен-

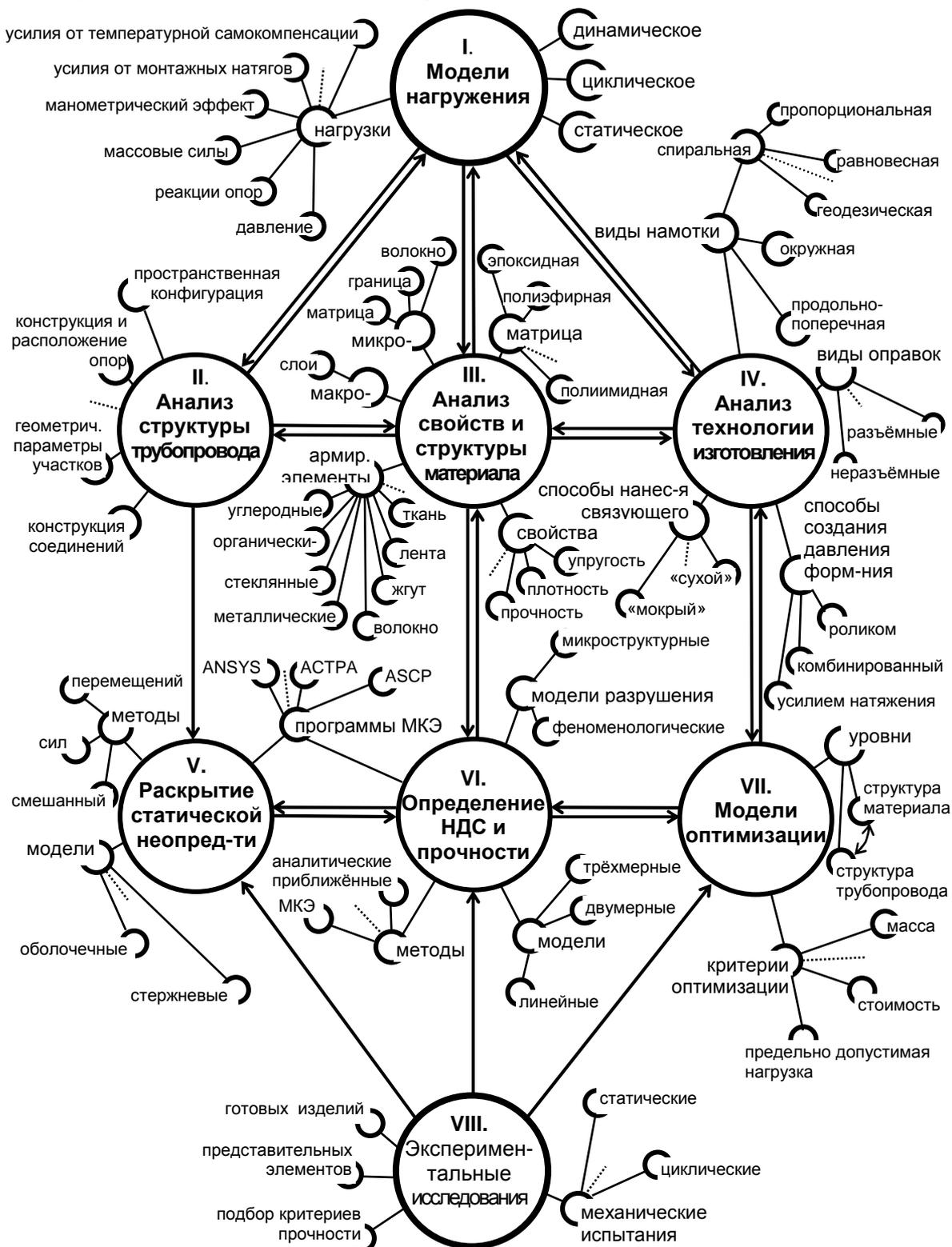


Рисунок 2 - Структура идеального расчётно-моделирующего комплекса для построения теоретически возможного оптимального проекта трубопровода из АП

ной системе.

**К первой группе** относятся модели нагружения трубопровода при его эксплуатации.

**Ко второй группе** задач относится анализ структуры трубопровода, который включает анализ таких структурных параметров и факторов, как:

- пространственная конфигурация трубопровода, зависящая от расположения оборудования, соединяемого трубопроводом; плотности компоновки отсеков, где прокладывается трубопровод и т.д.;

- геометрические параметры отдельно изготавливаемых участков: длина, кривизна, размеры поперечных сечений; разделение на отдельные участки производится из конструктивных и технологических соображений;

- расположение и конструкция опор;

- конструкции соединений отдельных участков, включая соединения прямолинейных и криволинейных участков;

- расположение и конструкция трубопроводной арматуры и элементов, смонтированных на трубопроводе.

**Третью группу** составляют задачи анализа свойств и структуры материала. Существующая информация по видам компонентов материала; физико-механическим характеристикам армирующих элементов, матриц, армированных пластиков должна быть сформирована в информационную базу данных. Для задач проектирования и расчета конструкций из АП рекомендуется использовать структурно-феноменологический подход к определению упругих постоянных и прочности материала, основанный на расчетно-экспериментальных методах [6, 7]. При этом считается, что АП состоит из совокупности квазиоднородных слоев, свойства которых определяются экспериментально. В качестве основного элемента принимается ортотропная полоска, наделенная жесткостями при растяжении и сжатии в двух направлениях и сдвиге. Упругие постоянные и прочность такого элемента находятся при испытании образцов-свидетелей, изготовленных по выбранной технологии. При этом становится возможным учесть такие трудно поддающиеся расчету технологические факторы, как натяжение при намотке, давление формования, режим полимеризации и другие параметры, влияющие на механические характеристики. Характеристики системы слоев устанавливаются расчетным путем на основе анализа взаимодействия слоев и в явном виде зависят от макроструктурных параметров материала (см., например, [6, 7]).

**Четвёртую группу** задач составляют задачи анализа технологии изготовления, технологических ограничений и параметров, влияющих на структуру и свойства материала и труб. Наиболее совершенным процессом изготовления труб из АП является процесс непрерывной намотки нитей, жгутов, лент или тканей на оправки соответствующих форм. После получения необходимой толщины и структуры материала производится отверждение трубы и удаление оправки. Метод непрерывной намотки позволяет реализовать с высокой точностью большое количество схем армирования, обеспечивает точность и стабильность размеров труб (см., например, [6]).

**В пятую группу** включены задачи раскрытия статической неопределимости и определения внутренних силовых факторов.

Обзор методов и компьютерных программ, используемых для решения этих задач для трубопроводов, представлен, например, в [3, 6, 8].

**Шестую группу** составляют задачи определения напряжённо-деформированного состояния материала труб и оценки прочности. Для тонкостенных трубопроводов моделирование прямолинейных участков с достаточной точностью возможно с использованием линейных моделей и безмоментной теории оболочек, криволинейных участков – двумерных моделей, оболочечные модели используются и для описания краевых эффектов. Основные методы решения таких задач – классические численные методы (МКР, МКЭ и др.) и приближённые аналитические методы с использованием тригонометрических рядов [1,

3, 6]. Для оценки прочности рекомендуется использовать феноменологические критерии прочности (см., например, [6, 7]).

**В седьмую группу** включены модели оптимизации. Основным объектом здесь является поиск функций глобальной неоднородности, определяющих структурные параметры оптимизированного проекта. Оптимизируются структурные параметры материала и трубопровода. Мы имеем дело с двухуровневой связанной задачей МДТТ.

Сложной задачей при разработке ИРМК является выбор методов, вычислительных процедур и соответствующих программных продуктов для эффективной оптимизации функционалов и функций, определяющих качество проекта. Представление о характерных методах решения оптимизационных задач механики деформируемого твёрдого тела и в ряде случаев об их реализующих программах даётся, например, в монографиях, диссертациях и статьях [7, 9-21]. Собственно программные продукты такого рода являются структурными составляющими ИРМК.

Одним из известных теоретически и экспериментально обоснованных подходов, в которых реализованы подобные идеи для цельнокомполитных конструкций, является метод согласованного проектирования композитных тел волокнутого строения [9, 10].

Теоретически возможный или идеальный проект не ограничен в математической сложности двухуровневой оптимизации и в выборе технологии математической реализации.

**На восьмом этапе** система моделей замыкается комплексом экспериментальных исследований механических свойств материала, труб и трубопровода и верификации результатов моделирования.

Для третьего этапа разработки ИРМК определяются характеристики упругости и прочности, пределы выносливости представительных элементов; проверяется работоспособность критериев прочности.

Для шестого и седьмого этапа экспериментальные исследования необходимы для верификации результатов моделирования и расчётов.

**Блок ТР** (выбор технологии реализации проекта). ИРМК включает наиболее полный и сложный комплекс математических моделей, из которых должен быть разработан рабочий расчётно-моделирующий комплекс (РРМК) для построения рабочего проекта трубопровода. Идеальный проект, как правило, трудоёмок в реализации, а соответствующие затраты при разработке и использовании часто не соразмерны поставленной цели. Поэтому основной процедурой для последующего построения рабочего проекта является выбор технологии реализации - выбор методов, вычислительных процедур и алгоритмов, соответствующих программных продуктов, операционных систем и аппаратных средств для эффективного решения поставленных задач. Здесь же производится выбор технологии изготовления труб. Необходимая поддержка операций в блоке ТР при выборе возможных видов армирующих элементов, матриц, технологии соединения армирующих элементов с матрицей, технологии изготовления труб осуществляется на основе компьютерного варианта справочника технологий изготовления локально и глобально неоднородных труб и системы экспертной оценки эффективности и стоимости.

Система оптимального проектирования трубопроводов должна быть совмещена с существующим технологическим и вычислительным оборудованием для повышения конкурентоспособности и снижения стоимости проектирования и производства трубопроводов. Необходима оценка стоимости и трудоёмкости расчётов, квалификации разработчиков, возможностей моделирования.

**Блок РП** (построение рабочего проекта). Рабочий проект трубопровода строится с использованием РРМК. На рис. 3 показан вариант алгоритма расчета при создании рабочего проекта трубопровода с моделью локальной оптимизации трубопровода по наибольшей прочности в минимаксной постановке [2, 6, 19-21]. Расчёт производится для статического и малоциклового нагружения трубопровода. Использование структурно-феноменологического подхода для определения характеристик упругости и прочности ма-

териала при статическом и малоцикловом нагружении позволяет учесть влияние основных технологических факторов при изготовлении труб [22-24].

Выбор внутреннего диаметра трубопровода производится из заданного условия производительности трубопровода. В первом приближении структурные параметры материала труб и толщина стенки сечения выбираются с учётом действия только внутреннего давления с использованием базы данных типовых и оптимальных структур, например, по рекомендациям [7, 11].

Для выбранных структурных параметров определяется вектор возмущения и раскрывается статическая неопределимость трубопроводной системы. Определяются опасные сечения на прямолинейном и криволинейном участках. Для этих двух опасных сечений



Рисунок 3 - Алгоритм расчёта при создании рабочего проекта трубопровода

материала. Толщина поперечного сечения труб и структура материала будет различной на прямолинейных и криволинейных участках. Существенно уменьшает трудоёмкость расчётов при определении напряжённо-деформированного состояния, коэффициентов гибкости криволинейных участков трубопровода использование приближённых аналитических методов [6].

В соответствии со схемой рис.1 с помощью итерационных процедур расчёта и ус-

ний трубопровода с учётом уточнённого вектора возмущений данного приближения определяется наиболее напряжённый слой. С помощью параметрического анализа при варьировании угла армирования по минимуму критериальной функции прочности определяется оптимальный угол армирования данного приближения, определяется величина коэффициента запаса прочности с использованием подобранного феноменологического критерия прочности [2, 6, 19, 22-24].

Затем корректируется толщина стенки поперечного сечения для двух участков и прямолинейного, и криволинейного. Изменение толщины стенки для двух участков производится только для первого приближения. Корректировка толщины в дальнейших приближениях производится только в одном наиболее опасном сечении. В результате такой оптимизации мы получаем кусочно-однородную по длине трубопровода структуру

ложнения расчётных моделей реализуется дальнейшее движение рабочего проекта к идеальному теоретически возможному оптимальному проекту трубопровода. Такой проект трубопровода целесообразно называть не оптимальным, а рациональным, так как он будет соответствовать реально достижимой в настоящее время полноте и строгости выполнения требований в постановке задачи с помощью выбранных технологий, необходимых упрощений, перестройке отдельных элементов проекта и т.д. В этой схеме мы имеем дело не с теоретически возможным оптимальным проектированием трубопровода, а с проектированием рациональным в рамках ограничений технологии реализации проекта.

**Блок ПРП** (проверочный расчёт рабочего проекта). Рабочий проект трубопровода строится с использованием РРМК, на основании рабочих математических моделей и методов расчёта и свойства рабочего проекта трубопровода неизбежно будут отличаться от свойств идеального проекта. Поэтому расчётная проверка свойств рабочего проекта в блоке ПРП перед изготовлением трубопровода закономерна. Последняя даёт возможность оперативно вносить коррективы во все подсистемы, включая и постановочную часть, организовывать итерационные процедуры для уточнения параметров структуры материала и трубопровода. Расчётной основой проверочного расчёта трубопровода служат конечно-элементные модели. Обзор программ расчёта трубопроводов, основанных на МКЭ, представлен, например, в [8].

**Блок МП** (материализация рабочего проекта). Какими бы ни были сложными вычислительные эксперименты, они не могут в полной мере учесть все нюансы изменения свойств АП в процессе изготовления труб, особенности сборки трубопровода. Поэтому столь важна опытная апробация рабочего проекта (блок МП). Разработка технологии изготовления труб с заранее заданными свойствами в каждом малом объёме представляет одну из наиболее серьёзных проблем. Она включает в себя разработку специализированных программ и систем управления для решения задачи оптимизации технологических параметров, в том числе для качественного соединения компонентов АП и уменьшения негативных моментов, сопутствующих данной технологии изготовления труб.

**Блок НЭ** (натурный эксперимент). Заключительный этап в системе связан с подготовкой, проведением и анализом натурального эксперимента изготовленного трубопровода. Именно здесь можно дать окончательную оценку свойств реальной конструкции и выбранной технологии реализации поставленных задач. В связи с этим большое значение в блоке НЭ имеют системы сбора и обработки экспериментальных данных, а также формулирования интегрального критерия качества.

### Литература

1. *Стасенко, И.В.* Расчет трубопроводов на ползучесть/И.В.Стасенко.–Маш-ние,1986.256 с.
2. *Тышкевич, В. Н.* Расчет и рациональное проектирование трубопроводов из армированных пластиков / В.Н. Тышкевич//Конструкции из композиционных материалов.- 2011. № 4. – С. 14-18
3. *Куликов, Ю. А.* Механика трубопроводов из армированных пластиков/ Ю. А. Куликов, Ю. В. Лоскутов: Монография.- Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. - 156 с.
4. *Багмутов, В.П.* Система создания оптимальных цельнокомпозиционных конструкций/ В.П. Багмутов, Д.В. Багмутов //Известия Волг. гос. технического университета. – 2005, № 3.- С. 64-71
5. *Багмутов, В.П.* Компьютерное моделирование процессов обработки и получения материалов в высокоэнергетических системах: монография/В.П. Багмутов, И.Н. Захаров.- Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011.-160 с.
6. *Багмутов, В. П.* Расчет и рациональное проектирование криволинейных труб из армированных пластиков: монография/ В. П. Багмутов, В. Н. Тышкевич, В. Б. Светличная; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. Волгоград, - 2008. - 158 с.

7. *Образцов, И. Ф.* Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов/ И. Ф. Образцов, В. В. Васильев, В. А. Бунаков – М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.
8. *Багмутов, В.П.* Обзор методов и программ расчёта трубопроводных систем / В.П. Багмутов, В.Н. Тышкевич // Известия ВолгГТУ. Серия "Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении". Вып. 3 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2009. - № 11. - С. 109-112.
9. *Брызгалин, Г.И.* Проектирование деталей из композиционных материалов волокновой структуры/ Г.И. Брызгалин - М.: Машиностроение, 1982.- 84 с.
10. *Багмутов, В.П.* Метод согласованного проектирования композитных тел: обобщения, обоснования, оценки/ В.П. Багмутов // Механика композитных материалов.- 1985, № 3.- С. 475-485
11. *Хазиев, А.Р.* Оптимальное проектирование композитных элементов конструкций по условиям прочности, жёсткости и устойчивости: Дис.канд. техн. наук/ А.Р. Хазиев – М., «МАТИ», 2009. – 207 с.
12. *Немировский, Ю.В.* Рациональное проектирование армированных конструкций/ Ю.В. Немировский, А.П. Янковский - Новосибирск: Наука, 2002. - 488 с.
13. *Баничук, Н.В.* Оптимизация элементов конструкций из композиционных материалов/ Н.В. Баничук, В.В.Кобелев, Р.Б. Рикардс - М.: Машиностроение, 1988.-224 с.
14. *Бакулин, В.Н.* Методы оптимального проектирования и расчета композиционных конструкций. В 2 т. Т.1. Оптимальное проектирование конструкций из композиционных и традиционных материалов/ В.Н. Бакулин, Е.Л. Гусев, В.Г. Марков - М.: Физматлит, 2008. - 256 с.
15. *Смердов, А. А.* Разработка методов проектирования композитных материалов и конструкций ракетно-космической техники: 05.07. 02: 05.02. 01: Дис... д. т. н / А. А. Смердов МГТУ им.Н.Э. Баумана.- Защищена 11.10. 2007.- М., 2007.- 410 с.
16. *Тетерс, Г.А.* Оптимизация оболочек из слоистых композитов/ Г.А. Тетерс, Р.Б. Рикардс, В.Л. Нарусберг - Рига: Зинатне, 1978. -240 с.
17. *Хог, Э.* Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции/ Э. Хог, Я. Арора - М.: Мир, 1983. - 478 с.
18. *Giirdal, Z.* Design and Optimization of Laminated Composite Materials/ Giirdal Z., Haftka R.T., Hajela P. - New York (USA): John Willey & Sons, Inc., 1999. - 338 p.
19. *Зайцев, Г. П.* Рациональное проектирование криволинейных перекрестно армированных труб из стеклопластика/ Г. П. Зайцев, В. Н. Тышкевич// Механика композитных материалов. - 1992. - № 4. – С. 470 - 475
20. *Багмутов, В.П.* Общая схема рационального проектирования трубопроводов из армированных пластиков / В.П. Багмутов, В.Н. Тышкевич, В.Б. Светличная // Известия ВолгГТУ. Серия "Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении". Вып. 3: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2009. - № 11. - С. 112-116
21. *Багмутов, В.П.* Оптимальное армирование труб из армированных пластиков/ В.П. Багмутов, В.Н. Тышкевич, В.Б. Светличная // Известия ВолгГТУ. Серия "Проблемы материал., сварки и прочности в маш-нии". Вып. 5: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2011. - № 5. - С. 73-75
22. *Тышкевич, В. Н.* Выбор критерия прочности для труб из армированных пластиков/ В.Н. Тышкевич// Известия ВолгГТУ. Серия "Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении". Вып. 5 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2011. - № 5. - С. 76-78
23. *Тышкевич, В. Н.* Расчёт на прочность труб из армированных пластиков при статическом и малоцикловом нагружении/ В.Н. Тышкевич, В.П. Багмутов//Проблемы машиностроения и надёжности машин.- 2011. № 3. – С. 53-58

24. Тышкевич, В. Н. Прочность труб из армированных пластиков при малоцикловом нагружении/ В.Н. Тышкевич//Конструкции из композиционных материалов.- 2011. № 1. – С. 12-17

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ**

Р.А. Франк студент гр. ВТС-431

Научный руководитель старший преподаватель М.В. Великанова  
Волжский политехнический институт  
(филиал) Волгоградского государственного технического университета

Увеличение городского пассажирского общественного транспорта, в частности маршрутных такси, привело в г.Волжском к скоплению автобусов на остановочных пунктах, остановку их при высадке и посадке пассажиров в 2 и более рядов, а также к увеличению числа ДТП .

Цель работы показать как влияет выход автобусов на безопасную работу промежуточных остановочных пунктов.

Задача работы заключается в разработке программы по распределению потока автобусов, подходящих к остановочному пункту с интервалом безопасности

$K_{без} = 30$  с, на примере остановочных пунктов, находящихся по улице Мира в г.Волжском.

Избыточное количество маршрутных такси на основных транспортных магистралях: ул. Мира, проспект Ленина, Бульвар Профсоюзов, ул. Александрова, пл. Свердлова дезорганизует работу муниципального автобусного транспорта автоколонны №1732.

В последние годы наблюдается увеличение столкновений муниципальных автобусов с частными маршрутными такси.

Для разработки программы составлена матрица корреспонденции потока автобусов, выходящих с начального остановочного пункта 37 микрорайон. В матрице указывается время выхода с начального остановочного пункта, габаритные размеры транспортных средств, длина остановки, расстояние между остановками, средне техническая скорость для каждого конкретного транспортного средства. Для упрощения моделирование был введен специальный коэффициент для остановки, и для транспортного средства. Производится корректировка времени прохода автобусов через данный остановочный пункт с учетом критерия безопасной работы остановочного пункта  $K = 30$  с, то есть подхода автобусов через определенный интервал. На выходе работы программы получаем зависимость загрузки остановки в отдельные взятые отрезки времени и обеспечивается ли безопасная работа ост. пункта. Так же данная программа позволяет при добавлении исходных данных по пассажиропотоку и значению средне технической скорости подбирать расписание для создания оптимальной и безопасной работы ост. пунктов.

Из полученных графиков видно, что на остановочном пункте 37 мкр-н, длина которого составляет 84м и рекомендуемое число машиномест равно 7, в момент времени с 7.00 до 8.00, зафиксирован 1 случай не обеспечивающий безопасную работу данного ост. пункта. В момент времени с 17.00 до 18.00 зафиксировано 3 случая не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта.

На остановочном пункте 30 мкр-н, длина которого составляет 48м и рекомендуемое число машиномест равно 4, в течение часа, с 7.00 до 8.00, зафиксировано 12 случаев не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта, при этом количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет бед. В момент времени с 17.00 до 18.00 зафиксировано 19 случаев не обеспечивающих безопасную ра-

боту данного ост. пункта. Количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет 7ед.

На остановочном пункте Храм Сер. Сар., длина которого составляет 50м и рекомендуемое число машиномест равно 4, в течение часа с 7.00 до 8.00, зафиксировано 14 случаев не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта, при этом количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет 7ед. В момент времени с 17.00 до 18.00 зафиксировано 24 случаев не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта. Количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет 8ед.

На остановочном пункте 24 мкр-н, длина которого составляет 52м и рекомендуемое число машиномест равно 4, с 7.00 до 8.00, зафиксировано 16 случаев не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта. Количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет 8ед. В момент времени с 17.00 до 18.00 зафиксировано 20 случаев не обеспечивающих безопасную работу данного ост. пункта. Количество транспортных средств одновременно находящихся на ост. пункте составляет 7ед.

Исходя из полученных данных видно, что на участке с 37 мкр-на до пересечения с ул. Оломоуцкой не обеспечивается безопасная работа ост. пунктов.

Для организации безопасной работы остановочных пунктов и уменьшения числа дорожно-транспортных происшествий на улицах городов предлагается:

- увеличить длины остановочных пунктов согласно интенсивности входящих потоков;
- провести обследование пассажиропотоков на автобусах и маршрутных такси
- рассчитать необходимое число автобусов, включая маршрутные такси;
- скорректировать время выхода с начальной остановки; на остановочных пунктах для автобусов большой вместимости определить конкретное место остановки;
- исключить «лишние» маршрутные такси с параллельных маршрутов.

## **ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЖИТЕЛЕЙ Г. ВОЛЖСКОГО ТРАНСПОРТНЫМИ УСЛУГАМИ**

Р.Р. Ходжамбердиев студент гр. ВА3-696

Научный руководитель ст. преподаватель М.В. Великанова

Волжский политехнический институт

(филиал) Волгоградского государственного технического университета

В городе Волжском число городских и пригородных маршрутных такси больше 700 единиц. На внеочередном заседании постоянной комиссии по транспорту и дорожным коммуникациям Волжской городской Думы рассматривался вопрос урегулирования на территории города количества маршрутных такси, так как их число достигло критического значения. Их переизбыток влияет на транспортную ситуацию – увеличению числа дорожно-транспортных происшествий и на экологическую обстановку за счёт увеличения количества выхлопных газов. Перевод маршрутных такси на газообразное топливо экологическую обстановку в городе не улучшает, уменьшаются только затраты на топливо в общих затратах перевозчиков.

Вопрос модернизации городской транспортной сети и регулирования количества маршрутных такси невозможен без оценки состояния городской транспортной системы, которая включает в себя следующие подсистемы:

- городская транспортная сеть с инфраструктурой;

- подвижной состав (трамвай, автобус, троллейбус, метро);
- участники движения (пассажиры).

Для оптимизации городской транспортной системы необходимо определить характеристики городской маршрутной системы, состоящей из топологической схемы города с разбивкой по микрорайонам или зонам; перечня маршрутов; матрицы пассажиропотоков; матрицы транспортных потоков.

Все характеристики можно представить в отдельных документах, которые представляют собой перечень статистических данных и показателей по каждому элементу системы, а все документы собрать в одном общем документе, который будет представлять собой паспорт городской транспортной системы.

Законодательно приказом Минавтотранса №200 определён порядок разработки паспорта только на отдельный маршрут. Этот порядок соблюдается и муниципальными и частными перевозчиками.

Паспорт автобусного маршрута включает следующие данные: вид перевозок; дату открытия маршрута; расстояние между промежуточными остановочными пунктами; схему маршрута с указанием линейных и дорожных сооружений; схему маршрута с указанием опасных участков; тариф; характеристику дороги на маршруте; сведения о трассе маршрута; начало и окончание движения автобусов на линии, интервалы движения по периодам дня.

Предлагается включить в паспорт городской транспортной системы следующие блоки:

1) реестр (перечень) городских, пригородных, междугородных маршрутов, основой которого является паспорт каждого отдельного маршрута. Реестр должен содержать следующую информацию: № маршрута, дата открытия маршрута, длина (протяженность) маршрута, количество автобусов, марка автобуса, вместимость автобуса, интервал движения, названия остановочных пунктов в прямом и обратном направлении;

2) топологическая схема маршрутной системы по определённым зонам с нанесением маршрутов и расстояний между остановочными пунктами.

В каждой зоне определяется длина всей улично-дорожной сети; длины улиц, по которым проходят маршруты; количество маршрутов на улицах с выделением параллельных маршрутов; площадь каждой зоны;

3) топологическая схема маршрутной системы с нанесением зон пешеходной доступности, представляющие собой окружности с радиусами 500 метров с центром в середине остановочного пункта. На схеме наносятся контуры домов, на которых обозначены число жителей;

4) реестр остановочных пунктов по каждому маршруту, включающий № маршрута, названия остановочных пунктов, расстояние между остановочными пунктами, длина остановочного пункта;

5) матрицы пассажиропотоков на остановочных пунктах по каждому маршруту по времени суток;

6) матрицы транспортных потоков по времени суток на участках улично-дорожной сети;

7) результаты проведения хронометража скоростей на маршрутах, выполненного согласно требованиям приказа Минтранса № 200. Выполнение затруднено владельцами частных автобусов.

Паспорт городской транспортной системы позволяет получить реальные характеристики состояния маршрутной системы и в результате определять показатели маршрутной сети, соответствия количества автобусов пассажиропотоку, соответствия длины остановочных пунктов входящему потоку автобусов, соответствия технической скорости нормативной, оценить пешеходную доступность остановочных пунктов.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОСТИ АВТОБУСНОЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ г.ВОЛЖСКОГО

В.В. Шишкин студент гр. ВТС531

Научный руководитель – старший преподаватель М.В. Великанова  
ВПИ (филиал) ВолгГТУ

Обеспечение безопасной работы пассажиров связывают с различными факторы, основными из которых являются следующие: - соблюдение федеральных и региональных законов; - техническое состояние автобусов; - состояние дорожной сети; - состояние остановочных пунктов и их безопасная работа; - количество транспортных средств, в частности автобусов; - интенсивность транспортных потоков; - показатели маршрутной сети.

В настоящее время производится только учет статистических данных по количеству ДТП, а качество оценки влияния различных факторов на безопасную перевозку пассажиров только косвенная. Увеличение числа частных перевозчиков пассажиров привело во многих городах России к увеличению маршрутов, интенсивности транспортных потоков, ухудшению показателей улично-дорожной сети. Перенасыщение улиц автобусами особо малой вместимости, необоснованное дублирование маршрутов приводит к заторам, на остановках автобусы останавливаются в несколько рядов. Обеспечение безопасности дорожного движения и безопасной перевозки пассажиров невозможно без формирования оптимальной маршрутной сети. Но критерии оптимальности маршрутной сети отсутствуют.

Стандарты по оптимальности маршрутной сети должны включать: - предельно допустимые интервалы движения автобусов на маршруте; - требования к типам и возрастной структуре автобусов; - минимальная продолжительность движения автобусов на маршруте; - параметры оптимизации маршрутной сети.

Улично-дорожная сеть, сформированная в соответствии с требованиями СНиП 2.07.01-89 уже не удовлетворяет в г.Волжском условиям безопасной перевозки пассажиров. Маршрутная сеть городов претерпела значительные изменения. При строительстве городов выдерживались определенные строительные нормы и правила, согласно которых определялись ширина улиц и дорог. Вместимость автобусов и их количество соответствовала величине пассажиропотоков, что положительно влияло на безопасность пассажиров при их поездке и не ухудшало экологию.

Назрела необходимость или пересматривать нормы или им подчиняться, тем самым регулировать транспортную сеть городов.

Основными нормативами СНиП 2.07.01-89 по формированию маршрутной сети городов являются: коэффициент плотности равный 2...2,5 км/км<sup>2</sup>, коэффициент маршрутной совмещенности при слабо развитых сетях – 1,2...1,4 км/км.

На примере среднего города России г. Волжского с населением 320 тысяч человек покажем, во что превратилась городская автобусная маршрутная сеть. Численность маршрутных такси достигла более 1000 единиц. Определены показатели, представленные в СНиП. За последние 8 лет эти показатели выросли по сравнению с нормативными величинами и достигли значений: коэффициент плотности 11,85, коэффициент маршрутной совмещенности 10,5. В результате остановочные пункты города не выдерживают такой нагрузки. Интенсивность потока автобусов на отдельных участках улично-дорожной сети достигает 200-400 а/час. Статьей 9.14 СНиП 2.07.01.89 определяется при такой интенсивности выделение отдельной полосы для пропускания общественного транспорта.

Для приведения маршрутной сети к оптимальным показателям предлагается: тип и вместимость автобуса определять по пассажиропотоку; провести зонирование городской территории и в каждой зоне определить показатели автобусной маршрутной сети; определить предельное число параллельных маршрутов на участках улично-дорожной сети, ис-

ходя из требований безопасной работы остановочных пунктов; число маршрутных такси регулировать с учетом оптимизации автобусной маршрутной сети.

УДК 621.8

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСМИССИИ АВТОБУСА «ВОЛЖАНИН-5270»

Чернова Г.А., к.т.н., доц, Синьков А.В. к.т.н., доц., Попов А.В., ст. преп.  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Безотказная работа автобусов на маршруте возможна в случае предупреждения аварийных сходов с неисправностями агрегатов трансмиссии. Поэтому актуальным является своевременное диагностирование состояния агрегатов при проведении технического обслуживания. Во время эксплуатации автобусов «Волжанин-5270» имеются случаи ослабления и обрыва болтов крепления фланцев карданной передачи с фланцами КПП и главной передачи.

С целью исключения аварийных сходов проведены исследования вибрационных характеристик агрегатов трансмиссии автобуса «Волжанин-5270» виброанализатором Алгоритм-03. Алгоритм-03 - полностью цифровой шумомер 1 класса точности (МЭК 61672 и ГОСТ 53188-1), виброметр (ИСО 8041:2005, ГОСТ ИСО 8041-2006), анализатор спектра (до 20 кГц). Прибор отвечает требованиям ИСО 2204 для выполнения измерений прецизионным методом. Алгоритм-03 выполняет измерение шума и вибрации в трёх независимых профилях, что означает возможность выполнять "многомерный" анализ измеряемого сигнала. Связь прибора с компьютером осуществляется с помощью программы SvanPC++ через порты RS-232, USB, USB HOST, IrDA (инфракрасный порт). Это же программное обеспечение поддерживает удаленное общение с прибором через беспроводную GPRS связь. В программе SvanPC++ осуществляется дополнительная обработка результатов измерений. Прибор может питаться от четырёх батареек или аккумуляторов размера АА, или от внешнего источника постоянного тока (блока питания) или через USB интерфейс.

Автобус находился на посту ТО2 в ремонтной зоне пассажирской автоколонны №1732 г. Волжского. Замеры проводились с поддомкратными задними колесами на холостом ходу при оборотах двигателя  $n=900$  об/мин и на первой передаче при оборотах коленчатого вала двигателя  $n=1200$  об/мин. Пробег автобуса гаражный № 539 составлял 826000 км. Измерения в каждой контрольной точке (рис. 1) проводились по трем осям X, Y, Z. По оси X прибор фиксирует колебания агрегатов трансмиссии в горизонтальной плоскости параллельно оси колёс; по оси Y фиксирует колебания параллельно оси автобуса; по оси Z фиксирует колебания в вертикальной плоскости, перпендикулярно площадке или дороге. Продолжительность измерений по каждой оси составляло 10 секунд.

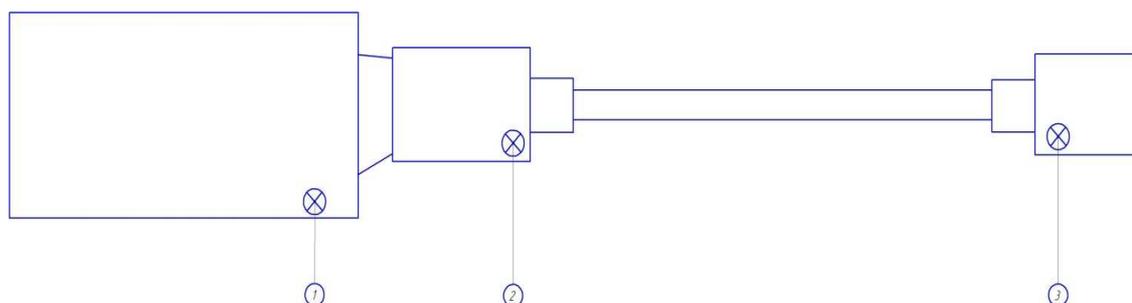


Рис. 1. Схема точек крепления датчика для проведения замеров виброускорений: 1 – поддон двигателя; 2 – корпус коробки передач перед фланцем с карданной вилкой; 3 – около фланца главной передачи.

Пример записи виброускорений представлен на рис. 2. По каждому замеру в течение 10 с получено 1000 значений.

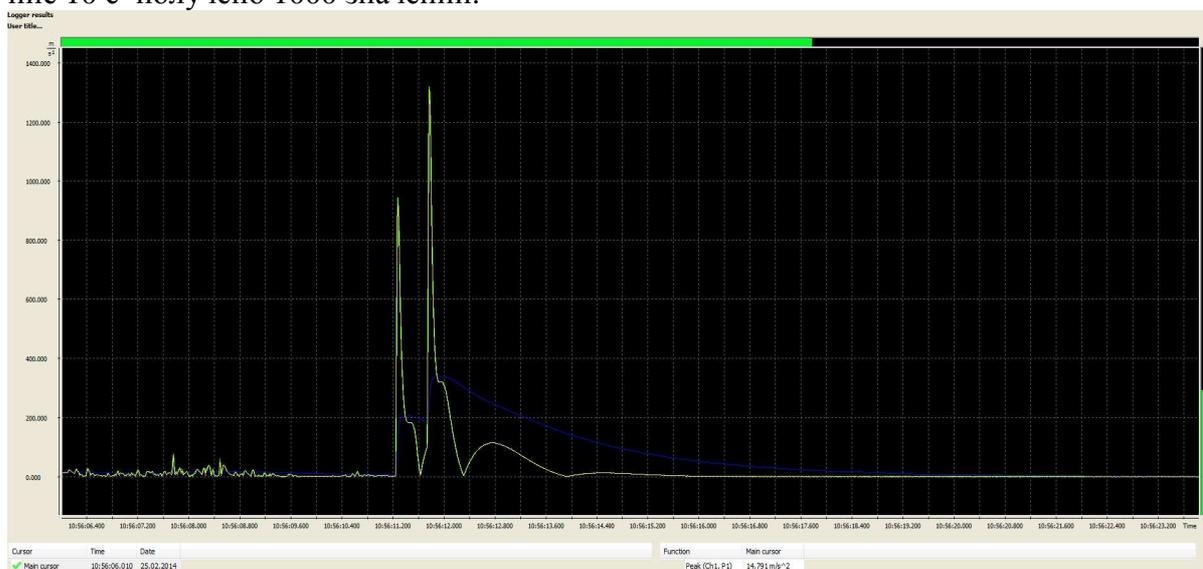


Рис. 2. Диаграмма записи виброускорений на главной передаче по оси X на холостых оборотах.

В таблице 1 представлены 5 значений из 1000, записанных прибором по четырем параметрам Peak, P-P, RMS, Max: Peak – пиковое значение виброускорения, измеренное пиковым детектором; Max – максимальное значение виброускорения; P-P – размах между максимальным и минимальным пиковыми значениями вибрации; RMS – (энергетический параметр вибрации) среднеквадратичное значение виброускорения, измеренное среднеквадратическим детектором.

Таблица 1 - Результаты замеров вибрации на главной передаче по оси X на холостых оборотах

№ п/п	Дата и время	Peak, м/с <sup>2</sup>	PP, м/с <sup>2</sup>	Max, м/с <sup>2</sup>	RMS, м/с <sup>2</sup>
1	25.02.2014 10:50:42:010	42.658	42.658	190.546	37.584
2	25.02.2014 10:50:42:020	52.481	52.481	190.546	47.863
3	25.02.2014 10:50:42:080	101.158	101.158	186.209	97.724
4	25.02.2014 10:50:42:090	251.189	251.189	184.077	124.451
5	25.02.2014 10:50:42:100	1023.293	1023.293	197.242	716.143

Виброускорение измеряется в м/сек<sup>2</sup> и характеризует силовое динамическое взаимодействие элементов внутри агрегата, вызывающая вибрацию.

Произведена выборка максимальных и минимальных значений виброускорений по каждой контрольной точке замера. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Значения максимальных и минимальных значений виброускорений на первой передаче и холостых оборотах

max min	Peak, м/с <sup>2</sup> Пиковые значения виброускорений	PP, м/с <sup>2</sup> Размах между макс. и мин. пиковыми значениями вибрации	Max, м/с <sup>2</sup>	RMS, м/с <sup>2</sup> Среднеквадратичное значение виброускорения
Волжанин-5270				
Холостые обороты, 900 об/мин.				
Начало замеров 10 часов 50 мин, окончание 10 часов 56 мин /				
I передача, 1200 об/мин. Начало замеров 10 часов 59 мин, окончание 11 часов				
<b>Поддон двигателя</b>				

Ось X, LOG 104 / LOG 86				
max	6,383 / 3,273	7,499 / 4,217	3,508 / 1,396	5,888 / 2,600
min	2,344 / 0,394	2,541 / 0,603	3,311 / 0,288	1,413 / 0,180
Ось Y, LOG 105 / LOG 87				
max	43,152 / 4,519	43,152 / 4,519	42,658 / 3,673	43,152 / 4,169
min	0,065 / 0,170	0,126 / 0,182	0,519 / 0,288	0,040 / 0,123
Ось Z, LOG 106 / LOG 88				
max	48,978 / 46,238	48,978 / 46,238	48,978 / 46,238	48,417 / 45,709
min	0,166 / 0,269	0,207 / 0,347	0,380 / 0,403	0,047 / 0,057
Фланец КПП				
Ось X, LOG 102 / LOG 90				
max	43,152 / 2,113	43,652 / 1,928	31,623 / 0,861	43,152 / 1,531
min	0,269 / 0,224	0,269 / 0,224	1,023 / 0,785	0,084 / 0,095
Ось Y, LOG 103 / LOG 91				
max	49,545 / 7,079	49,545 / 2,661	49,545 / 6,607	48,978 / 6,761
min	0,202 / 0,260	0,226 / 0,324	1,084 / 0,933	0,190 / 0,124
Ось Z, LOG 100 / LOG 89				
max	0,832 / 0,716	0,832 / 0,832	0,327/0,237	0,700 / 0,468
min	0,046 / 0,041	0,126 / 0,068	0,059/0,056	0,033 / 0,033
Мост задний				
Ось X, LOG 98 / LOG 93				
max	1318,26 / 933,25	1318,26 / 933,254	338,84 / 204,17	1318,26 / 922,57
min	0,032 / 0,044	0,111 / 0,084	0,224 / 2,570	0,025 / 0,015
Ось Y, LOG 97 / LOG 92				
max	749,894 / 933,254	749,89 / 933,254	156,68 / 204,17	716,143 / 922,571
min	0,002 / 0,034	0,002 / 0,042	0,078 / 0,138	0,001 / 0,013
Ось Z, LOG 99 LOG				
max	51,286 / 1230,27	51,286 / 1230,269	23,174 / 384,592	50,699 / 1202,264
min	0,082 / 0,003	0,081 / 0,003	1,161 / 2,754	0,025 / 0,001

По полученным данным в таблице построены диаграммы функции Р-Р – размах между максимальным и минимальным значением виброускорения (примеры диаграмм вибрации по оси X представлены на рис. 3 и 4).

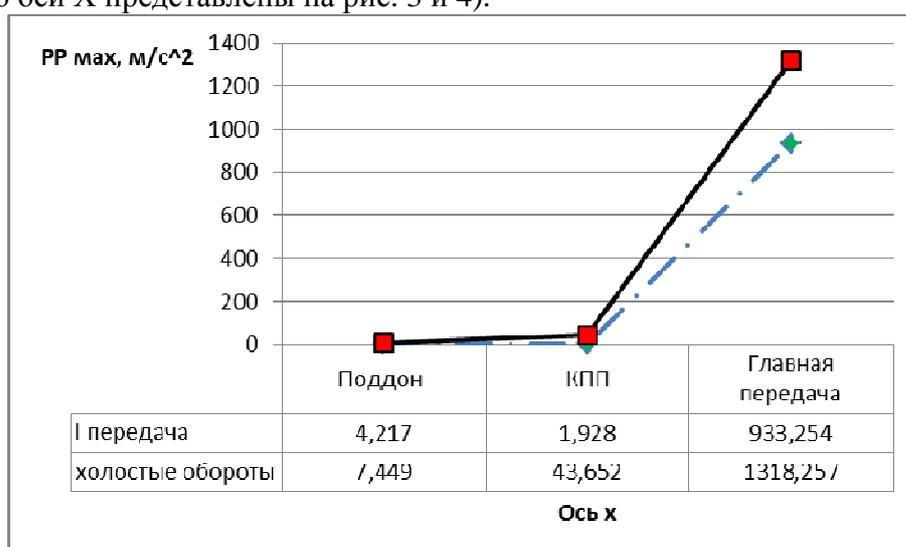


Рис. 3. Диаграмма максимальных значений размаха между пиковыми значениями вибрации по оси X на холостых оборотах и на первой передаче двигателя

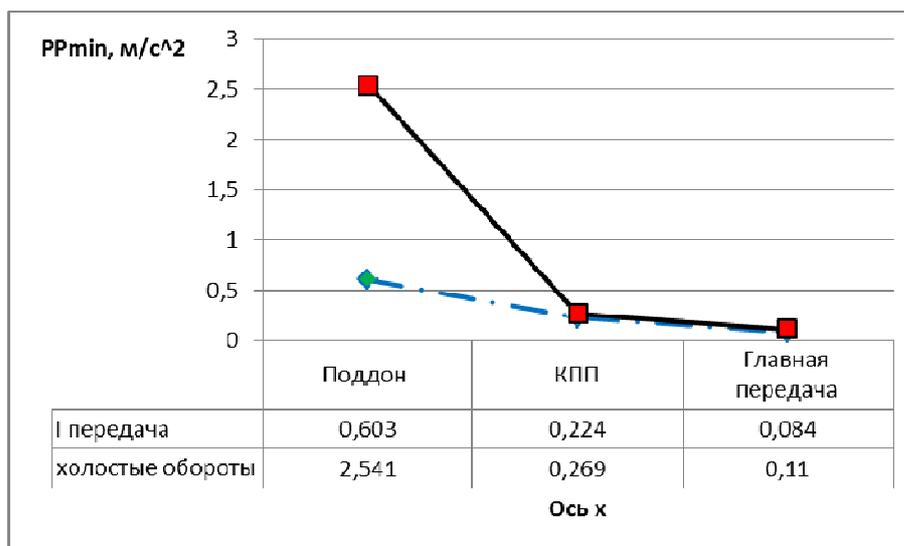


Рис. 4. Диаграмма минимальных значений размаха между пиковыми значениями вибрации по оси X на холостых оборотах и на первой передаче двигателя

Таблица 3 – Наличие или отсутствие виброускорений

Место измерения	Нагрузка	x	y	z
Поддон	холостые обороты	-	+	+
	I передача	-	-	+
КПП	холостые обороты	+	+	-
	I передача	-	-	-
Главная передача	холостые обороты	+	+	-
	I передача	+	+	+

Примечание: «-» - вибрации нет; «+» - большие значения вибрации.

На заднем мосту в зоне фланца главной передачи имеются колебания и на холостых оборотах и на I передаче (табл. 3).

Наибольшие значения виброускорений до  $1318,257 \text{ м/с}^2$  имеются в месте фланца главной передачи (при включенной первой передаче на всех осях). На холостых оборотах по оси Y на КПП значения виброускорений равны  $49,545 \text{ м/с}^2$ .

Максимальное значение виброускорения на поддоне ДВС достигается на холостых оборотах по оси Z (в вертикальном направлении) и составляет  $48,978 \text{ м/с}^2$ . По оси Z вибрации практически отсутствуют.

На рис. 3 представлены максимальные пиковые виброускорения на холостых оборотах и первой передаче двигателя в зоне фланца главной передачи.

По результатам диагностирования определена повышенная вибрация на заднем мосту на холостых оборотах и первой передаче (рис. 5, табл. 3).

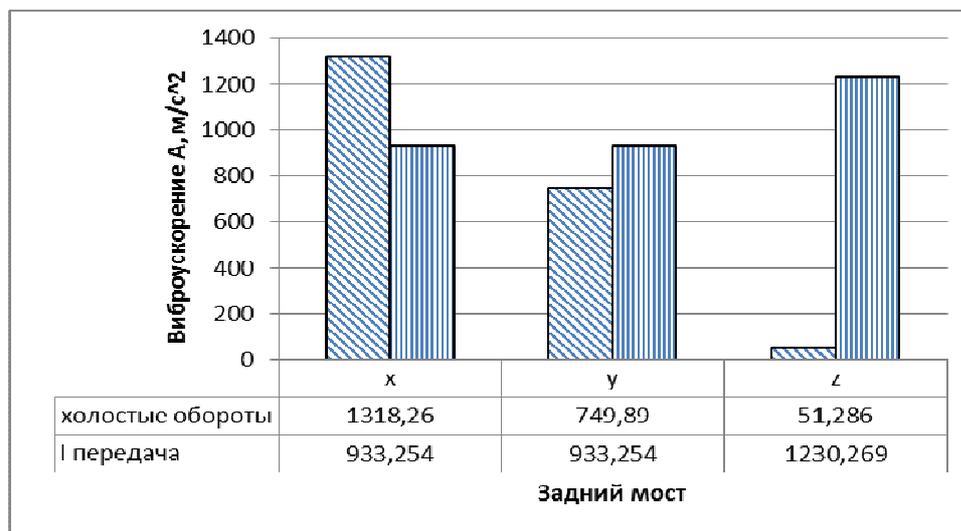


Рис. 5. Максимальные пиковые виброускорения на холостых оборотах и первой передаче двигателя в зоне фланца главной передачи.

На холостых оборотах виброускорение по оси X достигает максимального значения 1318,257 м/с<sup>2</sup>, на 1-ой передаче под нагрузкой виброускорение уменьшается до 933,254 м/с<sup>2</sup>. На 1-ой передаче увеличенное виброускорение также по оси Y 933,254 м/с<sup>2</sup>, по оси Z 1230,269 м/с<sup>2</sup>. Результатом повышенной вибрации явилось ослабление крепления болтов фланцев карданного вала и главной передачи.

Выводы. 1. В связи со сходами с линии автобусов Волжанин-5270 с неисправностью карданной передачи определена необходимость оборудования поста диагностики трансмиссии в зоне проведения ТО2.

2. Для сравнения значения виброускорений по всем автобусам в зависимости от пробега необходимо постоянно нарабатывать базу данных.

3. Своевременная диагностика вибрации на карданной передаче позволит предупредить появление неисправностей, тем самым уменьшив последствия после поломок.

#### Литература

1. Чернова Г.А., Кузин А.Ю., Попов А.В. Оценка вибрационных характеристик карданной передачи автобуса «Волжанин-5270» с целью увеличения работоспособности / Г.А. Чернова, А.Ю. Кузин, А.В. Попов // Международный научно-исследовательский журнал. - 2014. - №5(24) часть 1 – С. 83-85.

2. Руководство по эксплуатации шумомера, анализатора спектра, виброметра Алгоритм-03 (Алгоритм-03-001РЭ) // ЗАО «Алгоритм-Акустика». – Москва.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА ДИМЕТИЛДИТИОКАРБАМАТА НАТРИЯ

Доцент кафедры ВАЭиВТ Медведева Л.И.

Старший преподаватель кафедры ВАЭиВТ Казакова Е.Г.

Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ

Получение продуктов с заданным качеством является актуальной задачей, как в период становления автоматизации так и в настоящее время. Сейчас система управления техническими параметрами в процессе синтеза диметилдитиокарбамата натрия, который применяется для производства присадок для масел, как флотореагент при обогащении руд цветных металлов и как ускоритель вулканизации резиновых смесей, по структуре

представляет собой классические системы с обратной связью, реализованные на принципе рассогласования управляемой величины с ее заданным значением. Однако развитие техники, как в плане развития первичных датчиков, так и приборов среднего уровня управления, позволило рассматривать системы регулирования с более сложной структурой, которые при работе учитывают влияние не только прямых, но и перекрестных связей в объекте управления, и может быть рассмотрена возможность создания системы регулирования для многосвязного объекта.

Синтез диметилдитиокарбамата натрия проводят в реакторе, который представляет собой вертикальный аппарат с мешалкой и снабжен рубашкой. Цель работы реактора – выработка конечного продукта из исходных компонентов при соблюдении требований максимальной эффективности процесса.

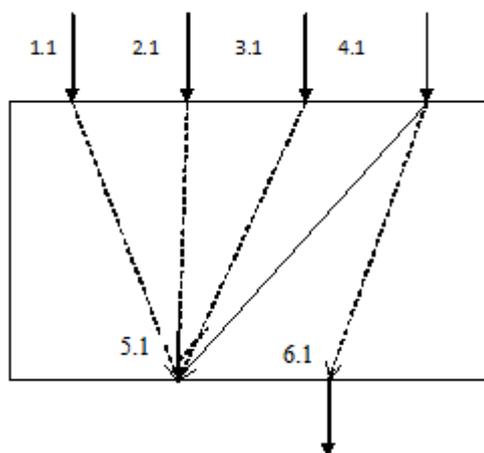


Рисунок 1 – Структурная схема реактора:

- 1.1 – расход диметиламина на входе, 2.1 – расход натра едкого на входе, 3.1 – расход сероуглерода на входе, 4.1 – расход рассола на входе, 5.1 – температура диметилдитиокарбамата на выходе, 6.1 – расход рассола на выходе.

Температура в реакторе во время синтеза диметилдитиокарбамата натрия не должна превышать 20°C. Температура охлаждающего рассола -15°C. На рисунке 1 изображена структурная схема реактора с входными (натр едкий, рассол, диметиламин, сероуглерод) и выходными потоками (рассол, диметилдитиокарбамат натрия). Учитываются такие параметры, как температура и расход (кроме расхода смеси на выходе). Давление в реакторе замеряется до начала загрузки реагентов и на время синтеза считается нормальным.

Для исследования качественных показателей переходных процессов необходимо знание математических моделей объекта управления (реактора) по всем исследуемым каналам влияния. Для этого целесообразно применить расчет с использованием результатов пассивного эксперимента (табл. 1).

Таблица 1– Передаточные функции каналов управления реактора

Канал управления	Передаточная функция
расход охлаждающего рассола на входе - расход охлаждающего рассола на выходе	$W_{4.1}^{6.1}(p) = 1$
расход охлаждающего рассола - температура реакционной смеси	$W_{4.1}^{5.1}(p) = \frac{-0,079}{0,952p + 1}$
расход натра едкого - температура реакционной смеси	$W_{2.1}^{5.1}(p) = \frac{0,832}{1,098p + 1}$

расход диметиламина - температура реакционной смеси	$W_{1.1}^{5.1}(p) = \frac{0.143}{0.66p + 1}$
расход сероуглерода - температура реакционной смеси	$W_{3.1}^{5.1}(p) = \frac{0.176}{1.468p + 1}$

На рисунке 2 представлена структурасистемы имитации управления реактором в программном средстве VisSim, которая составлена по данным математического исследования.

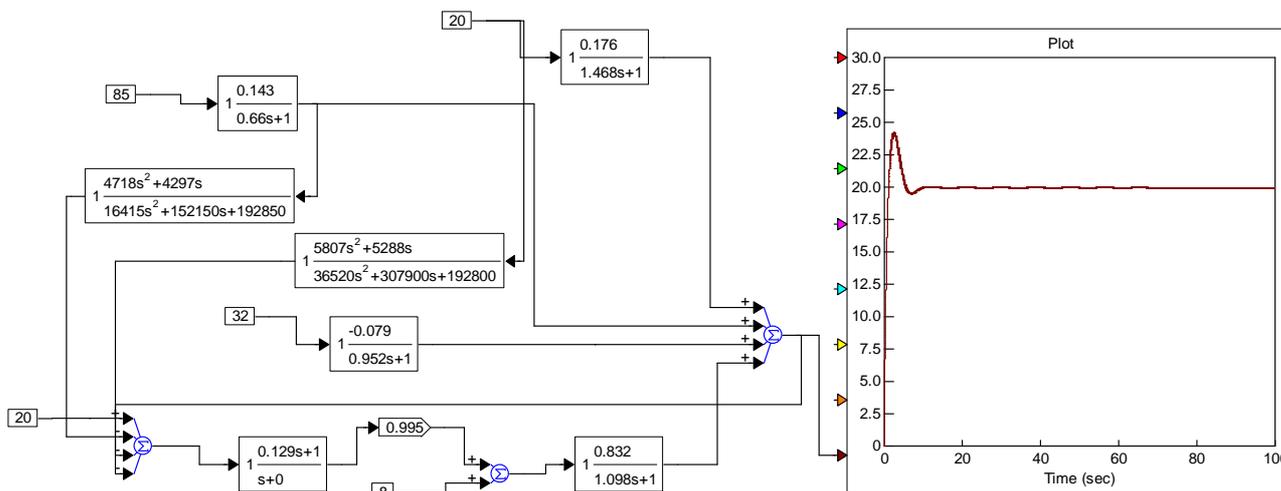


Рисунок 2 –Имитация системы управления реактором

На основании проведенного моделирования и исследования показателей качества можно сделать вывод: так как перерегулирование не превышает 40%, а время переходного процесса небольшое, то передаточную функцию объекта управления и параметры настроек алгоритма ПИ-регулирования можно считать оптимальными.

## СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Тишин О.А., Силаева Е.Ю., Силаев А.А.

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Особенностью химических производств является то, что требуется с высокой точностью и быстродействием определять и поддерживать основные параметры процессов. В первую очередь это обусловлено влиянием результатов химических процессов на здоровье людей и загрязнение окружающей среды.

Например, при производстве карбида кремния в атмосферу попадает большое количество ядовитых веществ.

Но при этом очень часто невозможно напрямую в режиме реального времени измерить и проконтролировать все показатели системы очистки газовых выбросов. Это связано с большими объемами производства и сложностью определения показателей.

Например, при плавке карбида кремния размер кристаллов, а, следовательно, качество плавки можно определить только после завершения плавки полностью.

Поэтому целесообразно использовать следящие системы с адаптивным управлением. В таких системах неизмеренные показатели получают в процессе косвенных измерений и вычислений в режиме реального времени. Использование такого приема в системах управления называют виртуальными датчиками.

При этом в каждом конкретном случае вырабатывается своя методика построения такого датчика и следящей системы управления в целом.

Внедрение следящих систем позволяет решить проблемы быстрого и точного определения всех показателей химических производств.

В общем случае, следящими системами называются такие системы автоматического управления, которые на выходе воспроизводят задаваемую на входе величину, изменяющуюся во времени.

Следящую систему можно рассматривать как систему, внутри которой от элемента к элементу осуществляется передача сигналов. Сами же элементы системы, возможно, трактовать как преобразователи сигналов.

Таким образом, тип сигналов определяет, с одной стороны, принципы действия и конструкцию элементов, формирующих и преобразующих сигналы, и, с другой стороны, – методы математического описания самого процесса передачи и преобразования сигналов в системе.

Точность и быстрдействие следящей системы обеспечивается алгоритмом выработки управляющего сигнала, воздействующего на исполнительный механизм. Во всех случаях управляющий сигнал является функцией рассогласования, которая для следящей системы равна ошибке воспроизведения заданной величины.

Главной особенностью следящих систем является то, что задание на слежение изменяется по произвольному заранее не известному закону.

В процессе работы следящей системы происходит слежение за входной величиной независимо от нагрузки и получение требуемых динамических характеристик системы управления.

Таким образом, следящая система предназначена для наиболее точного поддержания равенства двух величин независимо от нагрузки и характера входной величины, а это приводит к тому, что должна обладать следующими основными свойствами:

при изменении характера входной величины изменяется соответственно и характер движения системы, то есть система следит и приспосабливается к изменению входной величины;

при изменении внешней нагрузки усиление входной мощности происходит автоматически;

следящая система, если она работает в пределах расчетных данных, практически не реагирует или мало реагирует на изменение нагрузки, а следит только за основной входной величиной;

за счет наличия обратной связи следящая система имеет высокую точность.

В общем случае следящие системы классифицируются по следующим признакам:

по назначению: промышленные системы и для научно-исследовательских работ;

по месту установки: стационарные и переносные системы;

по характеру передаваемого сигнала: аналоговые и цифровые;

по принципу действия: позиционные и скоростные;

по принципу построения: одноканальные и многоканальные;

по структуре: одноуровневые и многоуровневые системы;

по принципу управления: централизованные и децентрализованные;

по типу исполнительного механизма: электрические, гидравлические и пневматические;

по затрачиваемой мощности: маломощные и силовые системы;

по типу законов образования управляющих сигналов: системы с пропорциональным управлением, с управлением по ошибке и интегральным управлением.

Несмотря на разнообразия следящих систем, они имеют однотипную структуру, состоящую из следующих модулей:

устройство регулирования – вырабатывает базовый закон управления по сигналу рассогласования;

исполнительный механизм – орган воздействия на объект управления;  
измерительный блок – датчики и приборы измерения основных параметров процесса;

обучаемая математическая модель системы – вычислительный блок, реализующий алгоритмы поиска недостающих параметров системы и расчёта параметров устройства регулирования;

обратная связь – определяет сигнал рассогласования.

Таким образом, следящие системы являются удобным средством для решения проблем химической промышленности в области очистки газовых выбросов. Но при этом в каждом конкретном случае имеют собственный алгоритм работы и требуют дополнительных исследований для внедрения в производство.

#### Список литературы:

1. Гольцов А.С., Организация и структура следящих систем в химической промышленности // Молодая мысль: Наука. Технологии. Инновации: материалы IV(X) Всероссийской научно-технической конференции.– Братск: Изд-во БрГУ, 2012. С. 308-309.

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ НА БАЗЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Канд. техн. наук, доцент Алехин А. Г., каф. АПП ВолгГТУ

Управление производственными процессами на современных предприятиях дискретного типа осуществляется при помощи систем оперативного планирования предприятия (*MES*-системы). В основе данных систем лежат эвристические алгоритмы. Это связано с тем, что при разработке данных систем принимается допущение, что задача управления относится к *NP* – задачам.

На основе проведенного обзора эвристических методов управления производственными системами, приведена классификация наиболее разработанных эвристических алгоритмов:

Правила, сравнивающие операции:

- *SPT (LPT)* - выбор операции с наименьшей (наибольшей) длительностью.

Правила на основе временного анализа (критического пути):

- *EST (LST)* - выбор операции, выполнение которой может быть начато раньше (позже) всех остальных,
- *ECT (LCT)* - выбор операции с наименьшим (наибольшим) ожидаемым временем завершения.

Правила на основе анализа графа предшествования:

- *MIS (LIS)* - выбор операции *o* с наибольшим (наименьшим) количеством операций в *Succ(o)*,
- *MTS (LTS)* - выбор операции *o* с наибольшим (наименьшим) количеством операций таких, что в графе *АoN* существует ориентированный путь от *o* к *o'*,
- *GRPW* - выбор операции *o* с наибольшей суммарной длительностью операций из *Succ(o)*,
- *GRPW\** - выбор операции *o* с наибольшей суммарной длительностью всех операций *o'* таких, что в графе *АoN* существует ориентированный путь от *o* к *o'*.

Правила на основе анализа ресурсных ограничений:

- *GRR* - выбор операции *o* с наибольшими требованиями к ресурсам,
- аналоги *MIS*, *MTS*, *GRPW*, где вместо длительностей операций рассматриваются их требования к ресурсам.

На основании полученной классификации нами для оценки эффективности эври-

стических алгоритмов были выбраны правила сравнивающие операции. Для реализации предложенных алгоритмов была выбрана среда *CLIPS*. Основным достоинством которой является возможность реализации алгоритма в виде продукционной модели, что позволяет ее в дальнейшем усовершенствовать без внесения серьезных изменений в полученный алгоритм.

Полученные результаты моделирования показали эффективность алгоритмов существенно меняется в зависимости от изменения производственных условий. Следовательно, для получения стабильных результатов данные алгоритмы требуют модификации.

## УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Бурцев А.Г., Браганец С.А.

Задача сбора и дистанционного мониторинга электрических параметров актуальна для энергосистем, расположенных на удаленном расстоянии от пунктов сбора и обработки данных. Схема учебного стенда показана на рис.1. Стенд состоит из энергоустановки и микропроцессорной системы сбора и передачи данных.

Энергоустановка представляет собой стандартное решение и содержит: устройства получения электроэнергии (солнечная панель и ветрогенератор), аккумуляторную батарею (АКБ), контроллер заряда для оптимальной зарядки АКБ при любых погодных условиях, инвертор для получения переменного тока 220 В, нагрузку.

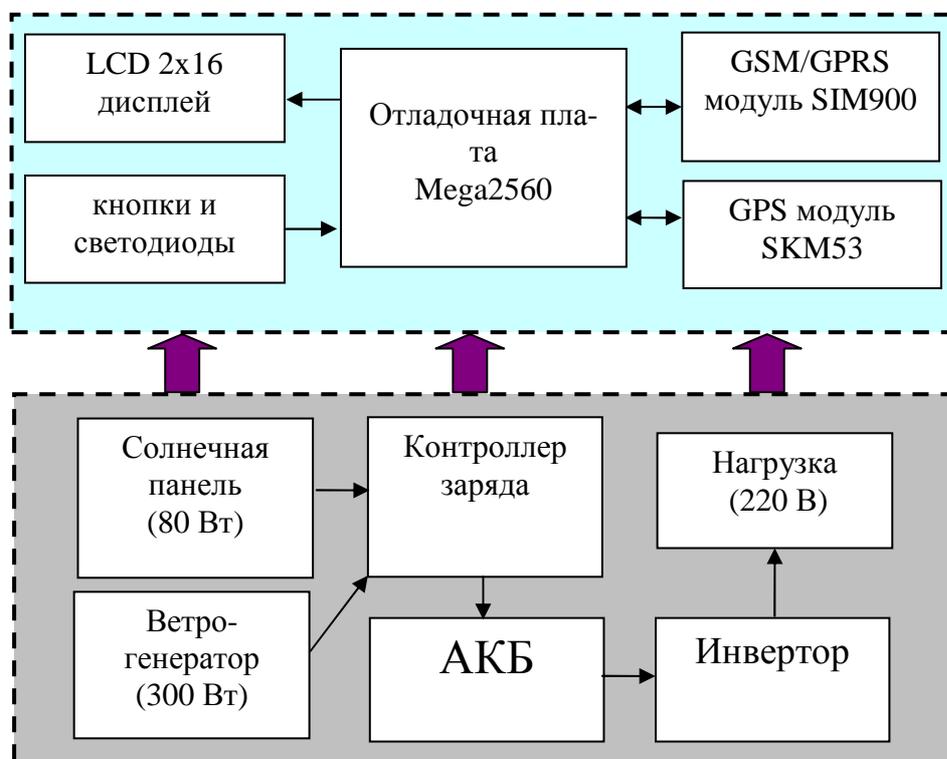


Рис.1 - Схема системы сбора и передачи данных о параметрах энергетической системы

Для данной установки разработана микропроцессорная система сбора и передачи данных. Её основным управляющим элементом является отладочная плата Mega2560 с микроконтроллером AVR. Её преимуществами являются большое количество универсальных линий ввода-вывода, удобная среда программирования Arduino IDE, наличие четырех последовательных интерфейсов USART для обмена данными с периферийными устройствами.

Решена задача измерения электрических параметров всех устройств энергоустановки. Для приведения напряжения к диапазону АЦП микроконтроллера применены делители напряжения. Для измерения токов использовались датчики тока ACS712.

Также решена задача измерения частоты вращения трехфазного ветрогенератора переменного тока. Прямое измерение с помощью датчика затруднено тем, что ветрогенератор может вращаться в горизонтальной плоскости, автоматически ориентируясь по ветру. Поэтому датчик должен быть либо бесконтактным, либо иметь скользящие контакты, что не всегда возможно. В данном случае частоту вращения лопастей можно вычислить косвенным образом. Для этого необходимо снять осциллограмму изменения напряжения. Далее можно рассчитать частоту вращения зная период синусоиды напряжения и число пар полюсов генератора. Данный алгоритм применен в решаемой задаче.

При расстоянии более нескольких километров удобным способом передачи данных является сотовая связь посредством GSM. В разработанной системе использована плата-модем GSM/GPRS с контроллером SIM900. Плата позволяет работать с SMS сообщениями, звонками или GPRS интернетом. В качестве наиболее удобного и наглядного решения выбрана передача данных на web-сайт. Программное управление модемом реализовано посредством AT-команд.

Дополнительной возможностью является определение GPS координат системы. Это может быть необходимо в случае, если энергоустановка расположена на подвижном транспортном объекте, который может менять своё географическое положение. В качестве GPS модуля выбрана плата с контроллером SKM53. Модуль имеет встроенный USART интерфейс.

Локальный интерфейс с пользователем осуществляется с помощью кнопок, светодиодных индикаторов и текстового LCD дисплея.

Разработанный учебный стенд является удобным средством изучения систем сбора и дистанционной передачи данных о параметрах энергоустановок. Его можно использовать в обучении студентов ВУЗов по энергетическим направлениям, а также по направлению автоматизации. Стенд хорошо демонстрирует возможности современной микропроцессорной техники и энергосберегающих технологий.

Литература:

1) Баранов, В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы, 2-е издание. - М.: Изд. дом "Додэка-XXI", 2004. - 288 с.

2) Харитонов, В.П. Автономные ветроэлектрические установки. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

## **МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ВРЕДНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Капля Виктор Иванович, Климова Елена Владимировна, Силаева Елена Юрьевна,  
Тишин Олег Александрович.

Одной из важнейших проблем химической промышленности является наличие больших объемов газовых выбросов, содержащих вредные газовые компоненты. Увеличе-

ние количества поступающих в атмосферу потенциально вредных газов и частиц приводит к ущербу для здоровья человека и в глобальном масштабе является одной из главных проблем санитарного состояния окружающей среды. Из числа газообразных выбросов основная доля приходится на двуокись серы, оксид углерода, углеводороды, сероводород и соединения фтора.

В настоящее время существует большое количество методов и технологий, позволяющих производить очистку газовых выбросов от вредных составляющих. При этом очистка газовых выбросов это сложный технологический процесс, которым необходимо управлять в режиме реального времени с жестким контролем ПДК вредных составляющих. То есть очистку газовых выбросов необходимо автоматизировать.

Поэтому рассмотрим методы очистки газовых выбросов от вредных составляющих, с точки зрения возможности автоматизации этих методов.

В промышленности используют механический, электрический и физико-химический методы очистки газовых выбросов.

Механическая очистка газов применяется для улавливания из газов в основном твёрдых частиц. Её производят осаждением частиц примесей под действием силы тяжести или центробежной силы, фильтрацией сквозь волокнистые и пористые материалы, промывкой газа водой или другой жидкостью. Основными параметрами управления при очистке газов механическим методом являются скорость и направление потоков газа. Этими параметрами легко управлять с помощью автоматических систем, но возникает проблема при реализации автоматической замены фильтров после их загрязнения. Поэтому наиболее удобный метод механической очистки, с точки зрения автоматизации, является промывка газа водой или пеной.

Электрическая очистка газов используется для улавливания из газов твёрдых и жидких составляющих. Она основана на воздействии сил электрического поля высокого напряжения. При пропускании через электрические фильтры происходит ионизация загрязнённого газа. Заряженные частицы притягиваются к осадительному электроду и осаждаются на нём. Основными параметрами управления при очистке газов электрическим методом являются скорость потоков газа и напряжение электрического поля. Этими параметрами легко управлять с помощью автоматических систем, но при этом скорость потока газа и концентрация твердых примесей должны быть небольшими, что не всегда соответствует технологическим процессам химических производств. Поэтому данный метод редко используется в химической промышленности.

Методы физико-химической очистки применяют для улавливания газообразных примесей. К таким методам относятся промывка газов растворами реагентов, связывающих примеси химически (абсорбция); поглощение примесей твёрдыми активными веществами (адсорбция); физическое разделение (например, конденсация компонентов), каталитическое превращение примесей в безвредные соединения.

Основными параметрами управления при очистке газов физико-химическим методом являются скорость потоков газа и соотношение газа с химическими реагентами. Этими параметрами легко управлять с помощью автоматических систем, но при этом существует проблема управления скоростью протекания химической реакции процесса очистки, что требует контроля дополнительных параметров, таких как температура и давление газов. Этот метод является основным для очистки газов от вредных компонентов и применяется повсеместно в химической промышленности.

Таким образом, были рассмотрены основные методы очистки газов от вредных компонентов, применяемые в химической промышленности. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки, поэтому для создания качественной системы очистки газов следует применять комбинированные методы очистки.

Список литературы

1. Гордон Г. М., Пейсахов И. Л., Пылеулавливание и очистка газов, 2 изд., М., 1968;
2. Ужов В. Н., Очистка промышленных газов электрофильтрами, 2 изд., М., 1967;
3. Гольцов, А.С. Динамическая модель процесса рекуперации серы в топке котла-утилизатора / Гольцов А.С., Силаева Е.Ю. // Известия ВолгГТУ. Серия "Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах". Вып. 20 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2014. - № 6 (133). - С. 8-10.
4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1 – Калуга; Изд. Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РАБОТУ ГРАФИЧЕСКИХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Капля В.И., Пан А.Г., Бойцов Е.П.

Математическая модель системы строится на основе объединения моделей шаговых двигателей и графических манипуляторов. Целью моделирования является определения динамических характеристик графических манипуляторов, которые должны учитываться в алгоритмах работы контроллеров, управляющих процессом перемещения пишущего пера. Превышение предельной частоты управляющих импульсов, подаваемых на обмотки двигателей, приводят к пропуску двигателями этих импульсов, то есть к сбоям процесса графических манипуляций.

Особенностью кинематических схем манипуляторов является непостоянство моментов инерции звеньев манипуляторов. Факторы вариации величин моментов инерции для звеньев манипуляторов:

- Торможение опущенного пера на участках нанесения линий и отсутствие торможения при перемещении пера из точки завершения текущей линии в точку построения очередной линии.
- Перемещение модуля опускания и подъема пера относительно осей шаговых двигателей манипулятора.
- Перемещение промежуточных звеньев перемещения пера, обладающих моментами инерциями, зависящими от взаимного положения этих звеньев.

Если известна модель процесса работы шаговых двигателей, обеспечивающих согласованную работу звеньев манипулятора, то на основе этой модели можно построить оптимальный алгоритм графопостроителя. Структура взаимодействия программных модулей управления приведена на следующем рисунке:

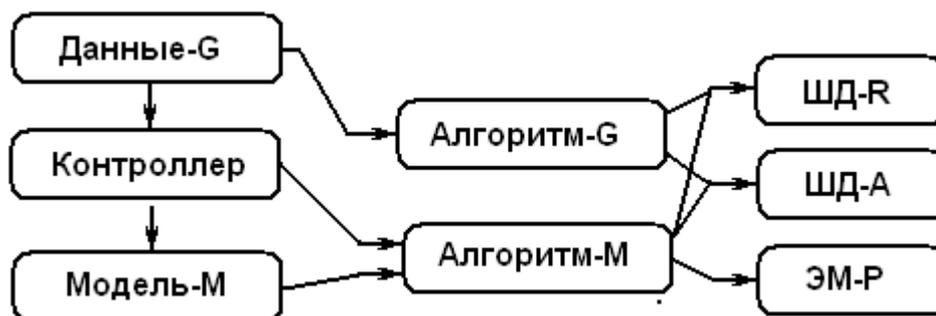


Рис. Формирование управляющих сигналов на шаговые двигатели с учетом параметров модели шаговых двигателей, перемещающих звенья манипулятора.

Закключение. Управление двигателями манипулятора с учетом переменного характера инерционных свойств у звеньев позволяет добиться максимального быстродействия для выбранной кинематической конфигурации.

## СТРУКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА РАСТВОРЫ СОЛЕЙ

Капля В.И. Силаев А.А.

Ультразвуковые колебания широко применяются в науке и технике. Например, ультразвуковые колебания применяются в медицине для обследования внутренних органов человека. В технике для очистки поверхностей от загрязнений и т.д. Поэтому изучение влияния ультразвуковых колебаний на различные вещества является важной задачей науки и техники.

Для исследования влияния ультразвукового излучения на растворы солей была собрана экспериментальная установка структурная схема, которой приведена на рисунке 1.

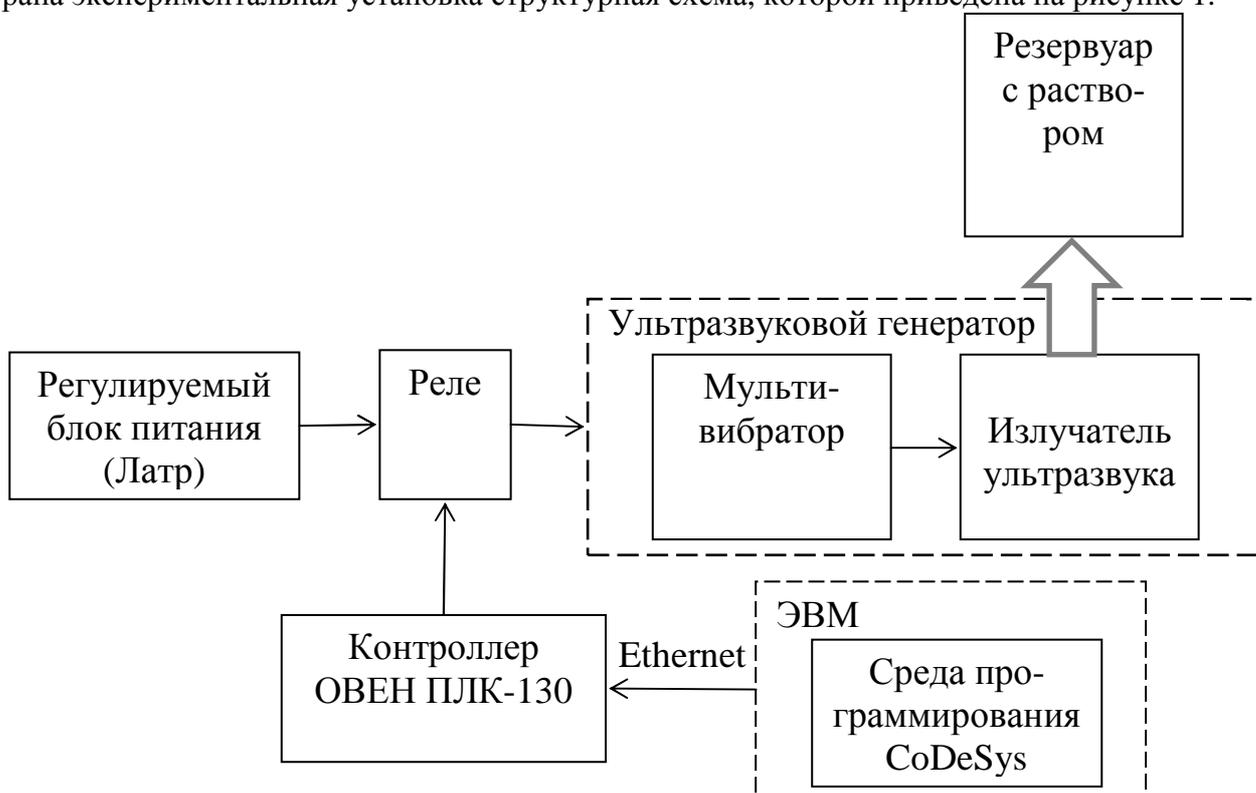


Рисунок 1. – Структурная схема установки.

В основе установки используется ультразвуковой генератор, содержащий два основных блока: мультивибратор – вырабатывающий импульсный ток высокой частоты и излучатель ультразвука – вырабатывающий механические колебания (непосредственно ультразвуковое излучение). Ультразвуковой генератор воздействует на резервуар с водным раствором соли. Для питания ультразвукового генератора используется регулируемый блок питания, который подключается к генератору через специальное реле. Работой реле управляет промышленный контроллер ОВЕН ПЛК-130. Для этого задействован дискретный выход промышленного контроллера. В контроллере зашита программа, которая за-

мыкает/размыкает контакты реле, подавая на него управляющий дискретный сигнал с выхода контроллера. Программа записывается в контроллер через Ethernet порт с ЭВМ. В качестве среды разработки программы используется программное средство CoDeSys v 2.3.

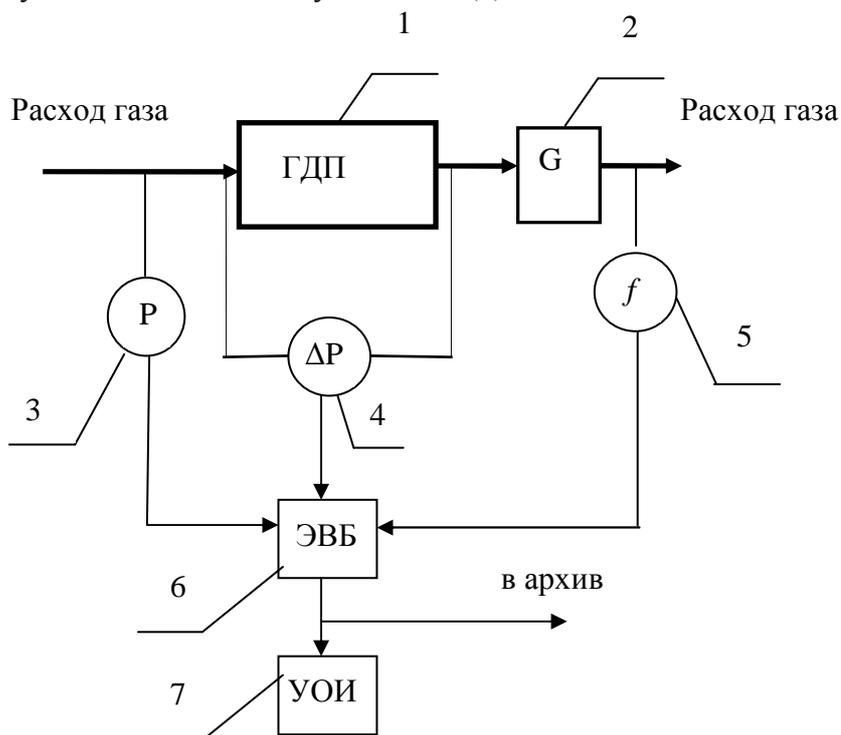
С помощью лабораторной установки можно управлять интервалами времени включения/отключения ультразвукового излучателя. Т.е. изучать влияние ультразвуковых колебаний на водные растворы солей в зависимости от времени излучения.

Таким образом, с помощью экспериментальной установки можно проверять влияние ультразвукового излучения на водные растворы солей.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВОГО ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ СТРУЙНО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Корзин В.В., Гольцов А.С., Горюнов В.А., Дудников Д.А.

Струйные измерители температуры, которые могут использоваться в пожаро- и взрывоопасных условиях, а также в условиях высоких электромагнитных и радиационных полей обладают практически полным отсутствием запаздывания. Наиболее перспективным является струйно-частотный метод измерения, при применении которого температура потока газа определяется с помощью струйно-электронной системы, представленной на рис. 1, использующей математическую модель (1).



1- газодинамический преобразователь, 2 – струйный генератор, 3 – измеритель давления, 4 – измеритель перепада давления, 5 – измеритель частоты, 6 – электронный вычислительный блок, 7 – устройство отображения информации.

Рисунок 1 – Структурная схема струйно-электронной системы измерения температуры

Математическая модель системы измерения «струйный ГДП - струйный генератор», связывает температуру с частотой, вязкостью, давлением и перепадом.

$$T = \frac{f \cdot k_1 \cdot k_3 \cdot p \cdot F}{\Delta p} - 273,15 \quad (1)$$

На рис. 2 представлен алгоритм работы электронного вычислительного блока.

Для определения температуры должна быть выполнена следующая последовательность действий:

1. В электронный вычислительный блок вводятся значения величин  $\pi$ ,  $R$ ,  $\nu$ .
2. В вычислительный блок вводятся значения геометрических размеров газодинамического преобразователя и струйного генератора:  $l$ ,  $d$ ,  $l_2$ ,  $h$ ,  $b$ ,  $b_y$ ,  $d_{св}$ .
3. В вычислительном блоке рассчитываются коэффициенты  $k_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ .
4. На вход данной системы подается газ, температуру которого нужно определить.
5. Измеряются давление, перепад и частота измерителями с электрическими выходными сигналами.
6. Измеренные значения этих параметров передаются в электронный вычислительный блок.
7. В вычислительном блоке осуществляются следующие вычисления:
  - 7.1. Вычисляется значение комплекса  $F_1$  по формуле (2.78).
  - 7.2. Вычисляется значение комплекса  $F_2$  по формуле (2.79).
  - 7.3. Вычисляется значение комплекса  $F$  по формуле (2.81).
8. Вычисленное значение температуры выводится на устройство отображения информации и передается в архив или в систему управления.

## ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУЙНОЙ АВТОМАТИКИ

Корзин В.В., Бойцов Е.П.

Основными сферами применения пневматических систем управления являются такие условия осуществления технологических процессов, в которых невозможно применение электрических и электронных систем, то есть условия с высокой пожаро- и взрывоопасностью, с наличием высоких электромагнитных и радиационных полей, в средах с высокими температурами и высокой запылённостью. В частности, применение пневматических автоматизированных систем управления в автоматизированных системах управления технологическими процессами химических и нефтехимических производств, на атомных электростанциях, на цементных и мукомольных предприятиях.

Благодаря более низкой стоимости, очень высокой надёжности и простоте обслуживания пневматические системы управления используются в машиностроении, в металлургии, теплоэнергетике, газовой и пищевой промышленности и т. д.

Более быстродействующими и обладающими более высокой надёжностью являются пневматические устройства, построенные с применением элементов пневмоники систем «Волга», СМСТ-2, АИСТ. Более высокое быстродействие и надёжность в таких системах управления обеспечивается за счёт отсутствия подвижных частей, а переключение элементов осуществляется за счёт изменения направления струй воздуха или других газов.

В настоящее время изготовление струйных элементов пневмоники выполняется из пластика с помощью литья под давлением. На стоимость изготовления элементов оказывает большое влияние стоимость экструдера, а также очень высокая стоимость изготовления пресс-форм.

С целью удешевления струйных элементов предлагается распечатывать их на 3d-принтере. Для осуществления этой идеи были подготовлены электронные чертежи каналов струйного логического элемента ИЛИ-НЕ в среде «Компас-3D», позволившие осуществить экспериментальную печать элемента системы управления. Получившийся элемент представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Струйный логический элемент ИЛИ-НЕ

Логический элемент ИЛИ-НЕ имеет вход питания, два управляющих входа, вход запрета и два выхода: прямой и инверсный. Характеристика переключения элемента представлена на рис. 2, где  $p_{п}$  – давление питания,  $p_{у}$  – давление управляющего сигнала,  $p_{в}$  – давление выходного сигнала,  $p_{ср}$  – давление срабатывания,  $p_{отп}$  – давление отпущения.

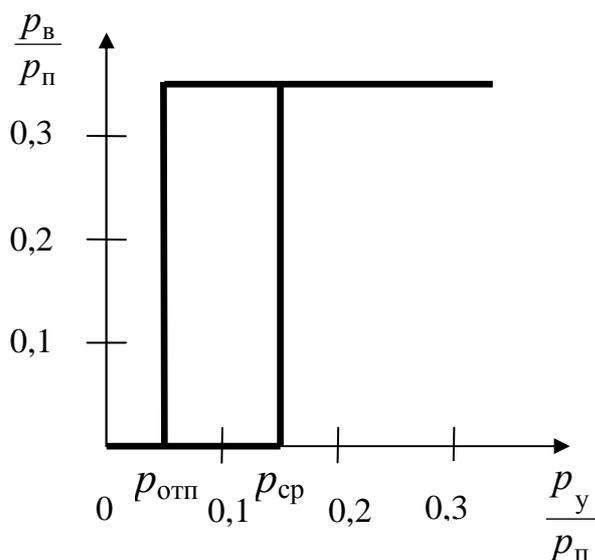


Рисунок 2 – характеристика переключения струйного логического элемента ИЛИ-НЕ

Благодаря печати на 3D-принтере возможно изготовление экспериментальных струйных микросхем, включающих в себя несколько дискретных или аналоговых элементов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ke Sun, Teng-Sing Wei, Bok Yeop Ahn, Jung Yoon Seo, Shen J. Dillon, Jennifer A. Lewis. 3D Printing of Interdigitated Li-Ion Microbattery Architectures / *Advanced Materials*, [Volume 25, Issue 33](#), pages 4539–4543, September 6, Weinheim, 2013.

2. Струйные логические элементы и устройства автоматического управления технологическим оборудованием. Отраслевой каталог. Под ред. Чаплыгина Э.И. М.: ВНИИТЭМР, 1989.

3. Касимов А.М., Попов А.И. Пневматические цифровые измерительные преобразователи.// Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения», М.: ИПУ, 2010.

## **АНАЛИЗ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ**

Корзин В.В., Голубин О.С.

В химической, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности широко распространены пневматические системы управления на основе регуляторов системы СТАРТ, построенных с использованием элементов УСЭППА. Эти регуляторы зарекомендовали себя как надежные и безопасные при эксплуатации в технологических процессах с высокой пожароопасностью и взрывоопасностью. В частности, в газовой печи плавления алюминия, для поддержания температуры в диапазоне 850 – 900°С используется пропорционально-интегральный регулятор системы СТАРТ ПР3.31.

Однако системы управления СТАРТ отличаются невысокой экономичностью, поскольку давление питания этих приборов составляет 140 кПа, и расход питающего воздуха – 5 л/мин. Кроме того регуляторы имеют значительные габаритные размеры: 205х80х121 мм и сравнительно большую массу: 2,1 кг.

Пневматические регулирующие устройства, разрабатываемые на основе струйных элементов «Волга» по сравнению с существующими более экономичны, имеют меньшие габариты (100х80х60 мм) и меньшую массу (0,5 кг). Давление питания струйных регуляторов – 4 кПа, расход воздуха – 1,2 л/с.

Для изготовления экспериментального образца струйного пропорционально-интегрального регулятора использовались 2 струйных аналоговых элемента сравнения СТ-46 «Волга», усилитель давления, пневмоёмкость и регулируемые дроссели.

Результаты экспериментальных исследований струйного пропорционально-интегрального регулятора для регулирования температуры в печи плавления алюминия выявили сходство характеристик регулирования с характеристикам регулирования пневматическим пропорционально-интегральным регулятором ПР3.31 системы СТАРТ.

Применение струйных регуляторов для поддержания заданных значений параметров технологических процессов позволит повысить экономичность пневматических систем управления.

### **Литература**

1. Устройство регулирующее пневматическое пропорционально-интегральное ПР3.31-М1. Руководство по эксплуатации 9078424 РЭ. М.: ООО «Завод «ТИЗПРИБОР», 2012.

2. Струйные логические элементы и устройства автоматического управления технологическим оборудованием. Отраслевой каталог. Под ред. Чаплыгина Э.И. М.: ВНИИТЭМР, 1989.

3. Касимов А.М., Попов А.И. Пневматические цифровые измерительные преобразователи.// Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения», М.: ИПУ, 2010.

4. Pneumatic Transmitter for Temperature. / Samson AG – Mess und Regeltechnik. 2011.

## РАЗРАБОТКА СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Д. Н. Лясин, А. И. Тыртышный ВПИ (филиал) ВолгГТУ, vpi@volpi.ru

Эксплуатация современных комплексных технических объектов ставит среди прочих проблему постоянного мониторинга за их состоянием, предполагающим отображение справочной информации об оборудовании, доступ к диагностической информации, визуализацию трендов рабочих показателей наблюдаемых объектов. Важными показателями информационной подсистемы, обеспечивающей подобный информационный слой работы с объектом являются

- скорость доступа к информации, складывающаяся как из времени извлечения, форматирования и отображения информации, так и времени поиска нужной информации в общем массиве данных;
- возможность удаленного доступа к информации с использованием, в том числе, беспроводных протоколов передачи данных;
- универсальность среды представления данных, позволяющая получать информацию без установки дополнительного программного обеспечения с любой программно-аппаратной платформы;
- эргономичность интерфейса предоставления информации.

Все перечисленные характеристики были учтены при разработке справочно-информационной системы для мобильного энергетического комплекса. Мобильный энергетический комплекс, включающий в себя энергетическое оборудование (ветростанция мощностью 300Вт, солнечная батарея мощностью 80Вт, аккумулятор глубокой разрядки 100 А·час, инвертор, контроллер заряда), оборудование для монтажа и перевозки, лабораторное оборудование, потребители энергии был спроектирован и собран в рамках работы кружков технического творчества энергокласса при Волжском филиале КорУНГ [1].

Задачи, которые решает информационная подсистема комплекса: отображение справочной информации о составе комплекса, эксплуатационных характеристиках его компонент, визуализация в виде текущих значений и временных трендов показателей вырабатываемой комплексом электроэнергии, отображение на электронной карте текущего места установки комплекса, а также ретроспективы мест предыдущих развертываний комплекса.

Справочно-информационная система МЭК представляет собой Web-приложение, написанное на языке программирования PHP, которое принимает от нижнего уровня системы мониторинга текущие рабочие параметры МЭК (мощность вырабатываемой ветрогенератором и солнечной батареей энергии, уровень заряда аккумулятора, скорость вращения лопастей ветрогенератора, текущие координаты комплекса), сохраняет их в базе данных, отображает на сайте МЭК (<http://mec-vlz.comuv.com/monitor/>) или передает сформированный контент для отображения в браузер дополненной реальности. Схема взаимодействия основных компонент информационной подсистемы МЭК приведена на рис.1. Данные о текущей вырабатываемой мощности генератора снимаются контроллером нижнего уровня системы с датчиков и в виде HTTP запроса POST передаются на сервер. Периодичность передачи данных составляет одну минуту, что оправдано в силу большой инерционности объекта наблюдения. Для просмотра данных оператору достаточно обычного браузера, в которые выводится сформированные отчеты в виде графиков или текущих значений показателей.

Для группировки снятых данных в таблице базы данных МЭК поддерживается сессийность – каждой сессии сопоставляются полученные от нижнего уровня GPS-координаты точки установки МЭК и это позволяет рассматривать отдельно данные по генерации в каждом месте развертывания комплекса.



Рисунок 1. Формирование геослоя дополненной реальности для мобильного энергетического комплекса

Мобильность разработанного энергетического комплекса, то есть возможность его развертывания в различных местах, продиктовала необходимость учета всех точек установки МЭК и оперативного поиска и отображения их на карте. Фиксация текущей точки установки комплекса в база данных происходит при каждой смене геолокационных координат, фиксируемых датчиком, установленном на комплексе и передаваемом нижним уровнем подсистемы мониторинга с использованием http-запроса. На сайте МЭК создана страница геопозиционирования (<http://mec-vlz.comuv.com/maps/>), позволяющая просматривать точки развертывания МЭК, добавлять текстовые комментарии и графические иллюстрации (фотографии) для каждой точки.

Для мобильных устройств разработана подсистема наложения геослоя дополненной реальности на экран гаджета, который отображает все точки развертывания МЭК в том направлении, куда ориентировано мобильное устройство. Это позволяет легко ориентироваться на местности, в режиме реального времени получая информацию о том, где в ближайших окрестностях ранее развертывался комплекс и насколько эффективно он здесь работал. Подобная информация может стать существенным критерием при выборе очередного места развертывания комплекса. Геослой формируется с использованием системы дополненной реальности Layar. Процесс формирования геослоя дополненной реальности иллюстрируется на рис.2.

Данные о точках развертывания хранятся в локальной базе данных информационной подсистемы МЭК. База хранит координаты точек, их словесных описания, графические метки, обозначающие точки на экране. Браузер дополненной реальности получает текущие GPS-координаты пользователя, передает их на сервер Layar, который идентифицирует геослой, связанный с пользователем, пославшем запрос и запрашивает в локальной базе МЭК данные о точках, находящихся вблизи точки нахождения пользователя в оговоренном радиусе удаления. Получив информацию о точках сервер формирует геослой, масштабируя метки точек в зависимости от расстояния до пользователя, отбирая те точки, которые попадают в сегмент обзора при текущей ориентации пользователя на плоскости, формируя отображаемый для каждой точки информационный контент.

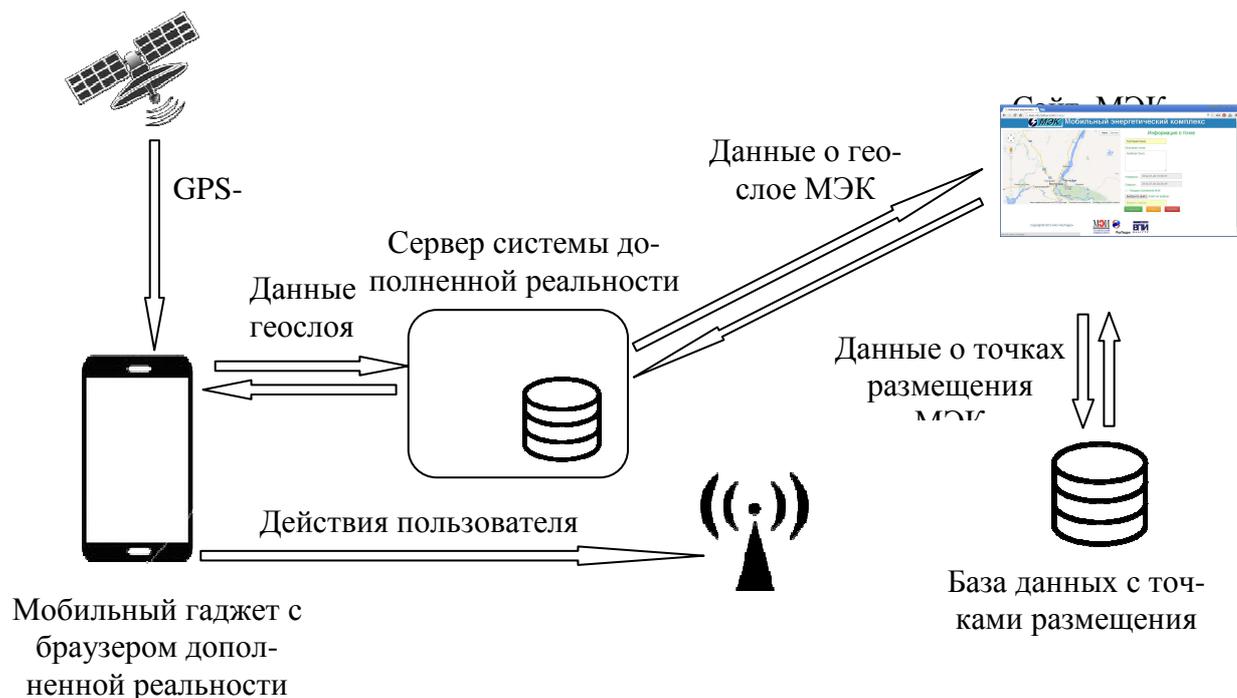


Рисунок 2. Формирование геослоя дополненной реальности для мобильного энергетического комплекса

В результате пользователь увидит на экране устройства набор точек, расположенных по направлению ориентации гаджета, в виде графических маркеров, и может получить информацию по каждой точке. Эта информация может быть интерактивной - по щелчке на ссылку, соответствующую метке, пользователь может открыть страницу сайта МЭК с подробной информацией.

Разработанная справочно-информационная система для мобильного энергетического комплекса позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг состояния комплекса, проста в использовании, не зависит от используемой оператором программно-аппаратной платформы, обеспечивает удобную навигацию и быстрый доступ к данным и обладает высоким потенциалом масштабирования и повторного использования для наблюдения за техническими объектами любой сложности. Её можно использовать как часть МЭК в учебных целях для изучения принципов работы возобновляемых источников энергии, а также в научных целях для решения задач структурной и параметрической оптимизации компонент комплекса.

#### Литература

1. Лясин Д.Н., Саразов А.В. Разработка справочно-информационной системы энергетического оборудования с использованием элементов дополненной реальности (на примере лабораторной установки «Ветрогенератор» и мобильного энергетического комплекса) // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 11

УДК 621.314 (075.80)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В СРЕДЕ MATHCAD

В. В. Матвеев

Среда Mathcad является наглядной и сравнительно простой в освоении системой для моделирования, что немаловажно, особенно, в учебном процессе. Поэтому, несмотря на наличие готовых библиотечных моделей асинхронной машины в других системах моделирования [1], далее приводятся некоторые результаты исследования асинхронного генератора, работающего параллельно с сетью, именно в среде Mathcad. Данный режим используется в мощных ветроэнергетических установках, ввиду очевидных достоинств асинхронной машины с короткозамкнутым ротором в сравнении с другими их типами.

Моделирование трехфазной асинхронной машины основано на приведении ее к эквивалентной двухфазной, обмотки которой располагаются на осях вращающейся или неподвижной декартовой системы координат. Скриншот модели асинхронной машины в общепринятых обозначениях приведен на рис.1.

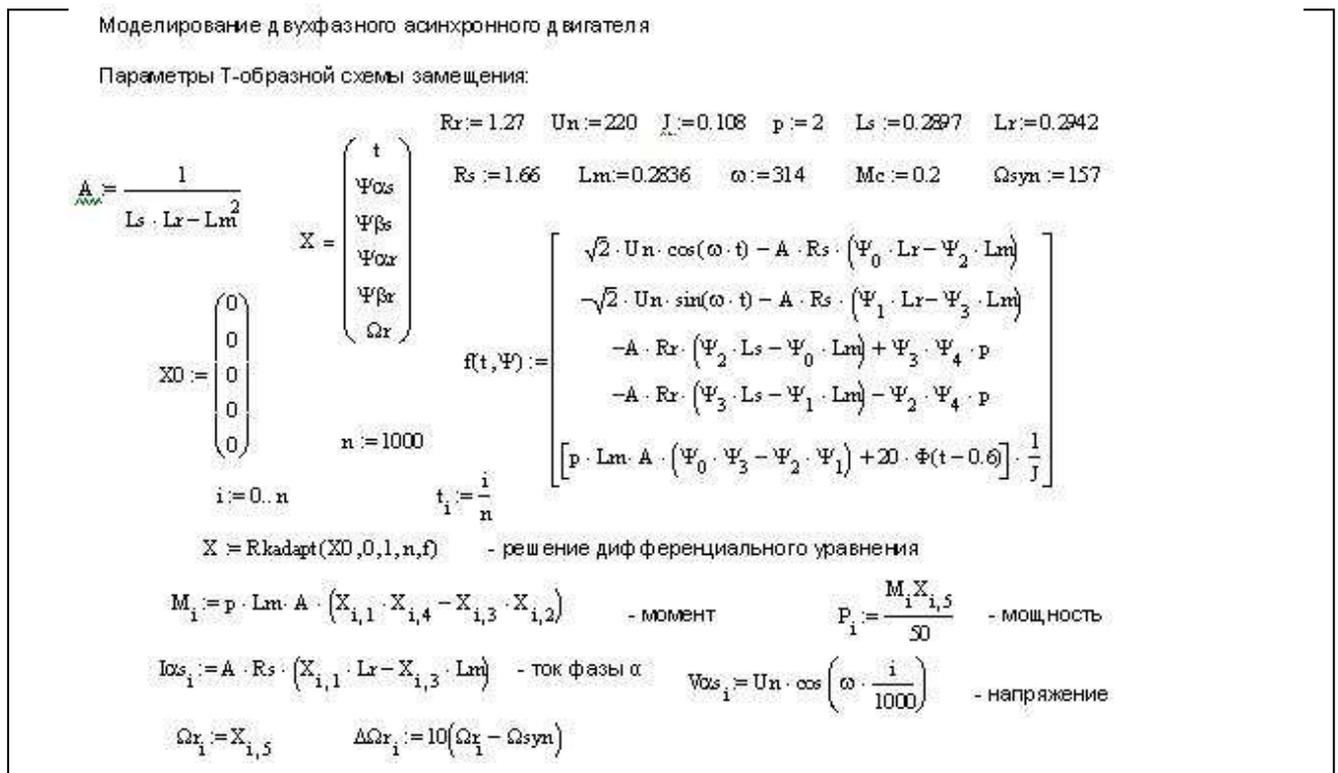


Рис. 1. Модель асинхронной машины в неподвижной системе координат  $\alpha$ - $\beta$

Сравнение результатов моделирования в среде Mathcad с аналогичными в других средах [1, 2] показало полную идентичность получаемых характеристик, что, с учетом плохой обусловленности системы дифференциальных уравнений, говорит о высоком качестве алгоритмов численного интегрирования.

#### Список литературы:

1. С.Г. Герман-Галкин Моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: Корона принт, 2001.- 320 с.
2. А. В. Башарин, Ю. В. Постников Примеры расчета автоматизированного привода на ЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, 1990, 324 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА VisSim ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСУТП

Л.И. Медведева доцент кафедры ВАЭ и ВТ,  
Е.Г. Казакова старший преподаватель кафедры ВАЭ и ВТ

Развитие программных продуктов позволяет в более широком объеме использовать имитационные исследования, которые к тому же обладают значительной наглядностью при обосновании тех или иных технических решений.

Использование программного средства VisSim (пакет компонентного визуального моделирования фирмы VisualSolutions, предназначенный для разработки и моделирования динамики непрерывных, дискретных и гибридных систем и является одним из наиболее ярких представителей систем, реализующих концепцию структурного моделирования [1]) позволяет предварительно, на стадии проектных решений, оценить эффективность системы управления технологическими параметрами процесса путем изменения структуры системы.

В качестве критерия оценки эффективности системы управления выбирается интегральная оценка качества.

Рассматриваемое исследование основывается на предварительном анализе технологических особенностей процесса рекуперации серы (рисунок 1) и математическом моделировании элементов системы и объекта управления. Технологически исследуемый процесс состоит из двух стадий: термической и каталитической.

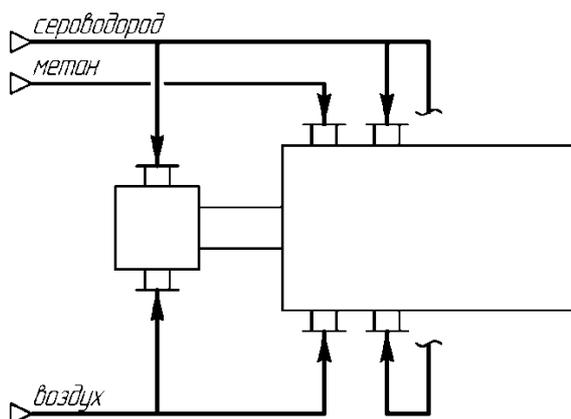


Рисунок 1. Функциональная схема процесса

Основным показателем эффективности процесса рекуперации серы является температура реакционной среды в основной камере горения, которая для оптимального протекания окисления сероводородсодержащих газов должна быть в диапазоне от 1200 до 1300 °С. Вторым показателем эффективности является мольное соотношение «сероводород – двуокись серы» на выходе из каталитической стадии процесса. При оптимальном процессе горения мольное соотношение должно быть равным два к одному. Третьим показателем эффективности являются энергетические затраты на осуществление процесса, которые включают расход воздуха: 15000 м<sup>3</sup>/ч, расход сероводородсодержащих газов: 6000 м<sup>3</sup>/ч и расход метана: 650 м<sup>3</sup>/ч[2].

В первую очередь рассматривается возможность регулирования основного показателя эффективности – температуры реакционной среды. С технической точки зрения эта возможность существует, так как существует широкий выбор средств автоматизации температуры. Для регулирования температуры присутствуют три канала внесения регулирующих воздействий: линия подачи воздуха, линия подачи сероводородсодержащих газов



Гидроэлектростанции являются стратегическими объектами нашей страны, требующими особого контроля и своевременного обслуживания. Выход из строя одного гидроагрегата, в лучшем случае, может привести к длительному ремонту и недополучению прибыли от продажи электроэнергии, а в худшем - к серьезной аварии техногенного характера.

Но в последние несколько лет, с повсеместным внедрением на ГЭС подсистем группового регулирования мощности новые руководящие документы установили жесткие требования к безотказности работы гидроагрегатов и к времени, затрачиваемому на устранение неисправностей. Поэтому стало уделяться большое внимание проблемам диагностики технического состояния узлов гидроагрегатов.

Эксплуатационный износ узлов гидроагрегата негативно сказывается на работе всего гидроагрегата, приводя к снижению точности открытия направляющего аппарата и поворота лопастей рабочего колеса, регулированию частоты и активной мощности гидроагрегата, индексного КПД гидроагрегата. Так же чрезмерный износ может привести к возникновению неисправности или к серьезной аварии. Примером такой аварии можно считать аварию на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 году, после которой все гидроагрегаты были оборудованы подсистемами вибродиагностики.

До аварии, диагностика гидроагрегатов проводилась редко и только по инициативе руководства некоторых ГЭС. При этом большая часть полученной информации не использовалась, и хранилась в архивах.

На данный момент готовых подсистем для технической диагностики узлов ГА представлено мало и их стоимость очень высока. Хотя в мировой практике существует большое количество методов диагностики, которые принято подразделять на методы для обнаружения неисправностей и для диагностирования неисправностей. Большая часть этих методов либо сложна в реализации, либо требует наличия большого количества измерительной информации [3,4,5]. На гидроагрегатах «РусГидро» такие датчики не устанавливаются.

Таким образом, становится актуальной задачи диагностирования узлов гидроагрегата, используя только существующие штатные датчики. Для этих целей хорошо зарекомендовал себя метод, основанный на анализе диагностических коэффициентов, которые можно получить из математических моделей диагностируемого оборудования. Но он используется только для обнаружения возникающих отклонений. Поэтому его следует совмещать с другими методами, которые позволят определить тип и место неисправности. Для этих целей подходят контрольные карты, которые позволяют анализировать полученные коэффициенты статистическими методами [3].

Основная трудность в применение данных методов заключается в получении признаков, которые позволят обнаруживать неисправности в необходимых узлах ГА.

Ввиду того, что гидроагрегат является технически сложным объектом, состоящим из гидрогенератора и гидротурбины, которая включает в себя рабочее колесо и направляющий аппарат. В работе для диагностирования неисправностей были выбран узел электрогидравлического преобразователя, состоящий из главного золотника и сервомотора системы управления открытием направляющего аппарата.

Это обусловлено тем, что НА является важным узлом, позволяющим регулировать мощность всего ГА[2]. При этом для ГЗ и сервомотора существуют уже апробированные методы их диагностики, основанные на анализе коэффициентов их моделей и выделены диагностические признаки, позволяющие судить о возможном развитии неисправностей. [1]

Большая часть неисправностей возникающих в элементах ЭГП, не поддается визуальному определению, без остановки гидроагрегата. Например, износ уплотнений в главном золотнике и сервомоторе, его можно заметить только при их непосредственном демонтаже с последующей их разборкой, а это весьма трудоемкий процесс, не говоря уже

о убытках возникающих при остановке гидроагрегата. Так же может оказаться, что демонтированный узел исправен и неисправность находится в совсем другом месте.

Наличие системы диагностики технического состояния позволит спрогнозировать появление неисправности на ранней стадии, а так же определить в каком именно узле и какая неисправность может возникнуть. Так же за счет раннего обнаружения дефектов и неисправностей повысится надежность и ресурс узлов гидроагрегата, а как следствие уменьшается вероятность возникновения отказов и аварии гидроагрегата приводящие к тяжелым последствиям.

В действующих системах управления гидроагрегатами на базе ПТК "Овация", а особенно в системах управления не прошедших модернизацию, очень сложно или вообще не возможно определить место и тип произошедшей неисправности в узле системы управления открытием направляющего аппарата, без непосредственного останова гидроагрегата, с последующим демонтажем и разборкой предполагаемого узла. Но не факт, что первоначальное предположение о возможном месте и виде неисправности могло быть верным, тогда придется продолжать поиск возникшей неисправности, до тех пор, пока она не будет локализована и устранена.

Все это влечет за собой убытки, связанные, не только с недополученной выгодой при отсутствии выработки электроэнергии, но и с затратами на работы по локализации и устранению неисправности. И это в лучшем случае.

При худшем развитии событий, одна неисправность повлечет за собой "цепную реакцию" неисправностей во всем гидроагрегате, которая может привести к катастрофическим последствиям. Вплоть до разрушения лопаток направляющего аппарата, лопастей рабочего колеса и выходу из строя генератора.

Наличие системы технического диагностирования позволит вести наблюдение за техническим состоянием системы управления открытием направляющего аппарата без разборки ее элементов, т. е. без потерь времени и средств на разборку и выявление неисправностей. Это чрезвычайно важно, потому что в настоящее время при отсутствии диагностирования поиск неисправностей занимает в среднем до 50 % общего времени ремонтных работ.

Исходя из анализа существующих методов диагностики технического состояния, на базе ПТК «Овация» был предложен макет системы для диагностики технического состояния ГЗ и СМ (Рисунок 1).

Эта система организуется на прямом подключении к системе управления ГА через Ethernet по ip – адресу с компьютера, подключенного к сети ПТК. Необходимые параметры считываются в реальном времени из системы управления гидроагрегатом с помощью OPC/DDE – сервера. Далее измерительная информация передается в математический пакет MathCAD. В MathCAD предварительно осуществляется фильтрация входной измерительной информации. После прохождения алгоритмов защиты осуществляется идентификация коэффициентов моделей ГЗ и сервомотора, расчет силы действующего на сервомотор со стороны НА и контрольных пределов для диагностических коэффициентов.

Полученные диагностические коэффициенты передаются в SCADA систему TRACE MODE (возможно использование и других SCADA-систем) для формирования диагностической информации на мониторе реального времени.

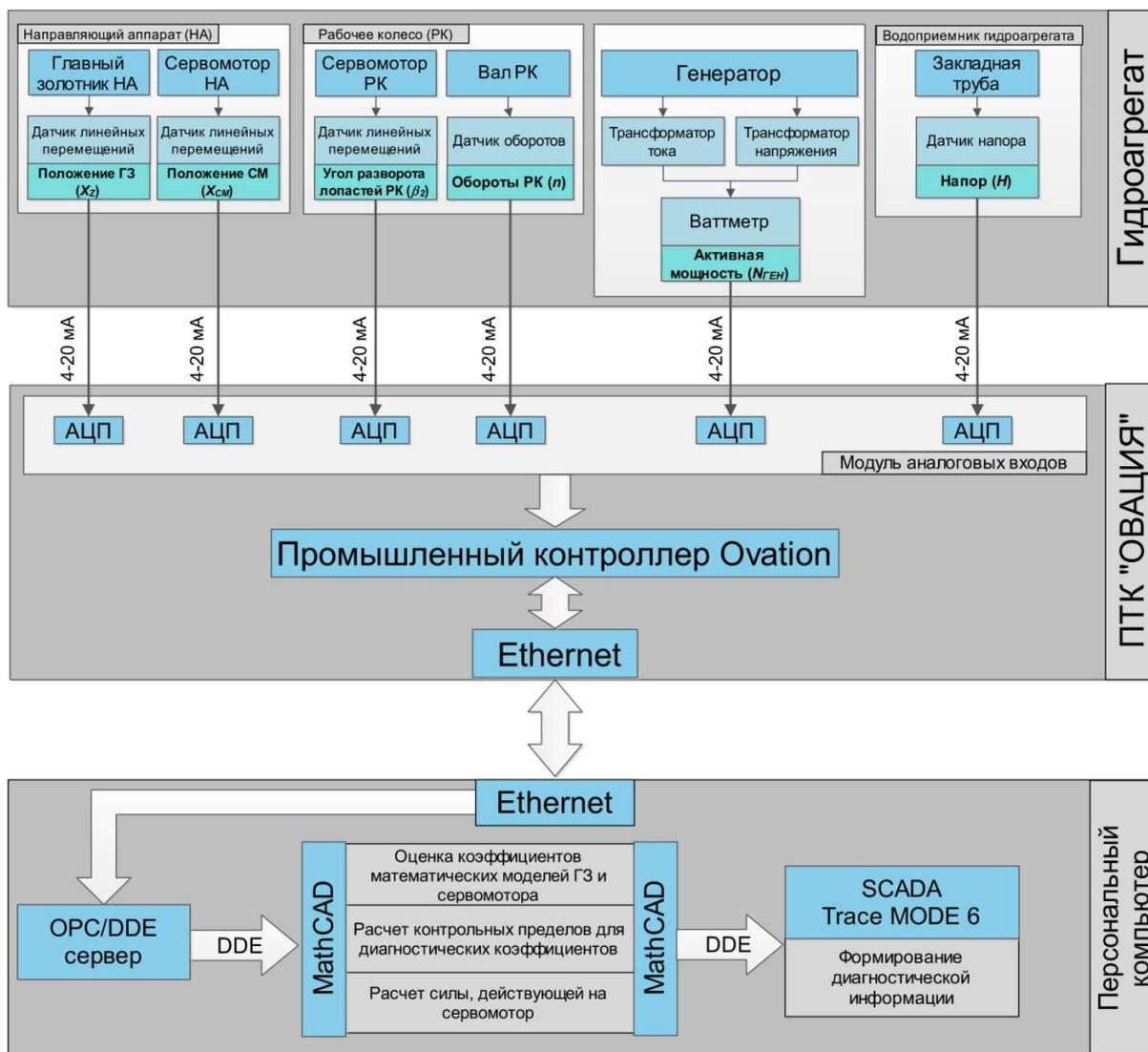


Рисунок 1 – Макет системы диагностики

Разработка и внедрение системы диагностики узлов управления открытием направляющего аппарата позволит повысить межремонтный интервал, а так же устранил влияние неисправностей на КПД гидроагрегата, за счет своевременного их устранения. В дальнейшем, систему диагностики можно распространить на другие узлы гидроагрегата, формируя единую систему диагностики гидроагрегата.

### Список литературы

1. Гольцов А.С., Гольцов С. А., Клименко А.В., Силаев А.А. Система адаптивного управления активной мощностью гидроагрегата ГЭС с поворотной турбиной // Приборы и системы управления. 2008. № 11.
2. Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. Учебник для вузов. - М.: Энергия, 1978. - 320с., ил.
3. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении: Пер. с англ. - М.: «Связь», 1976. - 496с., ил.
4. Химмельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах: Пер. с англ. - Л.: «Химия», 1983. - 352 с., ил.
5. Iserman R. Fault-Diagnosis Applications. - Berlin: Springer, 2011. - 372 page(s), il.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ВОЛЖСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Авторы: Савчиц А.В., Костин В.Е., Зуева О.В., Дуванов В.В.

Одной из наиболее актуальных проблем современного мира является обеспечение качественного и экономичного полива, особенно острой эта проблема является для нашего региона, обладающего жарким, засушливым климатом небольшим количеством осадков и постоянными ветрами высушивающими почву. В связи с этим на территории А корпуса Волжского Политехнического Института была спроектирована автоматизированная система полива.

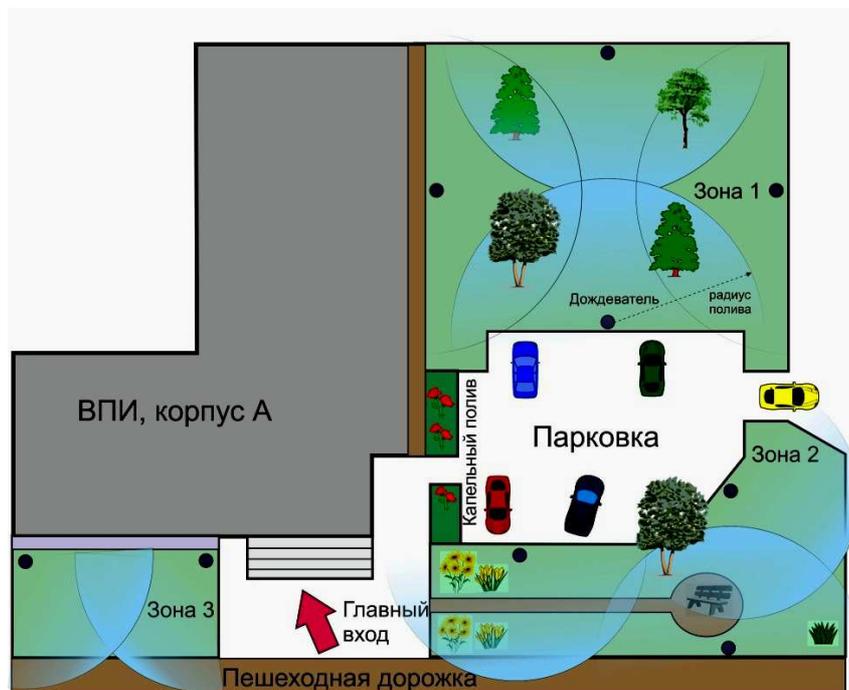


Рисунок 1. Спроектированная система автоматизированного полива.

Ранее при проведении полива ручным способом требовалось привлечение к поливу дополнительной рабочей силы, в связи с чем повышались материальные затраты на выплату работникам заработной платы и дополнительные расходы связанные с перерасходом ресурсов. При наиболее совершенном – автоматизированном способе устраняется влияние человеческого фактора на процесс полива. Повышается экономия ресурсов за счёт учёта климатических параметров и ограничения полива по времени или расходу воды. Такой метод позволяет учитывать даже видовой состав растений и их суточную потребность в влаге. Однако недостатком этого метода является отсутствие обратной связи от объекта управления, невозможность проконтролировать главный целевой параметр – влажность почвы, что в последствии может привести к высушиванию или заболачиванию земельных участков.

Для обеспечения обратной связи было принято решение модернизировать систему полива и сделать главной целью системы управления поддержание влажности почвы в требуемом диапазоне необходимым для конкретных растений. Измерение влажности почвы было решено проводить по изменению сопротивления почвы переменному току, с помощью портативных датчиков влажности почвы. В последствии практика показала что такой метод позволяет достичь наиболее точных и стабильных данных. В лабораторных условиях был проведён ряд экспериментов в ходе которых с датчиков установленных в образцы почвы были сняты показания, после чего влажность почвы вычислялась экспериментально, образцы взвешивались, высушивались до прекращения потери массы и по разности между начальной и массой сухого остатка было найдено количество влаги в исходных образцах. После проведения многочисленных опытов и набора статистики были соз-

даны градуировочные таблицы. По которым в своё время был установленный требуемый диапазон значений полученных с датчиков. Управление системы было перенаправлено на поддержание текущего значения в требуемом диапазоне. Это позволило максимально оптимизировать расход воды с учётом потребностей растений в воде.

## **СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ПОЛИВА И ОСВЕЩЕНИЯ**

Савчиц А.В., Костин В.Е., Оноколов С.Ю., Ажигалиев Р.А.

Благодаря удачному географическому положению, в нашем регионе достаточная продолжительность светового дня, что позволяет широко использовать нетрадиционную энергетику, в частности, энергию солнца.

В настоящий момент в корпусе А ВПИ смонтирована автономная система освещения. В состав данной системы входят 2 солнечных модуля по 60 Вт, подключенные параллельно (предусмотрена возможность установки дополнительных модулей). Управление прожектором, установленным на крыше корпуса, осуществляется с помощью программируемого реле времени. Используемое реле позволяет корректировать время включения и выключения в зависимости от продолжительности светового дня. Так же планируется включить в систему датчик освещенности, что обеспечит обратную связь и более эффективное управление. Питание системы обеспечивает аккумулятор емкостью 200 ампер-часов. Так же в системе присутствует инвертор, преобразующий постоянный ток, вырабатываемый солнечными батареями и отдаваемый аккумулятором, в переменный который блок управления системой освещения.

Так же в корпусе А расположена автоматическая система полива, чьи преимущества заключаются в уменьшении расхода воды, более равномерном поливе и высвобождении трудовых ресурсов. Так же систему планируется оборудовать датчиками влажности для обеспечения обратной связи, что позволит производить полив с учетом влажности почвы и потребности зеленых насаждений во влаге.

Основная идея проекта заключается в том, чтобы объединить эти системы, получив тем самым автономную энерго и ресурсосберегающую комплексную систему. Питание системы будет обеспечено солнечными модулями, расположенными на крыше здания. Мощность аккумулятора делает возможным объединение этих систем. В настоящий момент проект находится в стадии разработки.

Совмещение систем освещения и полива позволит существенно снизить расход электроэнергии, забираемой от общей сети, которую в данный момент потребляет система полива. Так же объединенная система позволит максимально использовать потенциал солнечных модулей, что обеспечит постоянные циклы заряда и разряда аккумулятора, что позволит эксплуатировать его на порядок дольше.

Успешная реализация данного проекта позволит внедрять автономные системы полива (освещения) в городское хозяйство, что откроет возможности для существенной экономии муниципальных ресурсов, а так же снизит потребление электроэнергии и нагрузку на городскую электросеть.

Поскольку система автономна, то вероятность нарушения нормальной работы системы вследствие аварии в сети (например: обрыв кабеля) крайне мала. Нарушение работы системы полива возможно только при отсутствии поступления воды. Однако и эта проблема может иметь свое решение. Возможно предусмотреть специальные резервуары, на случай аварии. При наличии таких резервуаров система будет абсолютно независима от внешних факторов (исключая умышленное нанесение вреда, вандализм).

## ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ БИБЛИОТЕК ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Севастьянов Б.Г. доцент кафедры ВАЭ и ВТ ВПИ ВолгГТУ

Алгоритмическое и программное обеспечение контроллера является важнейшей частью создания надёжных и эффективных АСУ ТП. В рамках доклада обращается внимание на важность полноценной библиотеки алгоритмов современных контроллеров. Работа с библиотекой контроллера Ремиконт<sup>1</sup> Р-130 (Р-130) и анализ библиотек других контроллеров показал необходимость совершенствования этих библиотек. Библиотека алгоритмов контроллера Р-130 [9] хорошо продумана, поэтому взята за основу. В докладе проводится анализ нескольких типовых алгоритмов и даются рекомендации по их совершенствованию. Эти алгоритмы должны входить в состав библиотек современных контроллеров. Предлагаемый подход анализа и модификации алгоритмов применим и к другим алгоритмам, которые в данной работе не рассматриваются.

Задача автора заинтересовать и убедить отечественных разработчиков в необходимости совершенствования программного обеспечения отечественных промышленных контроллеров [14].

Algorithms and software of the controller is the most important part of creating a safe and effective process control systems. Within the article draws attention to the importance of the full library of algorithms for modern controllers. Working with the library controller Remicont R-130 and analysis of libraries of other controllers showed the need to improve these libraries. ALGLIB controller R-130 is well thought out, so is taken as a basis. The article analyzes several typical algorithms, makes recommendations for their improvement. These algorithms are useful to include in the library of modern controllers. The proposed approach is the analysis and modification of algorithms applicable to other algorithms, which are not discussed here. The author's task to interest and convince local developers of the need to improve domestic industrial software controllers.

Ключевые слова: алгоритмическое и программное обеспечение контроллеров, надёжность программного обеспечения, совершенствование библиотек алгоритмов контроллеров.

Keywords: algorithmic and software of controllers, reliability of the software, improvement of libraries of algorithms of controllers.

При создании новой библиотеки должны соблюдаться некоторые общие положения, принципы построения алгоритмов: единства обозначений аналогичных функций, команд, переменных; единства нумераций и обозначений, аналогичных по сути входов и выходов в разных алгоритмах (структурная совместимость); по умолчанию должны устанавливаться такие значения параметров, которые наиболее вероятны, часто используются и согласуются со здравым смыслом; прозрачность алгоритмов (т.е. должны быть не только входы выходы, а сам алгоритм преобразования информации), минимум настроек при работе с алгоритмом и контроллером, каждый конкретный алгоритм должен разрабатываться с учётом взаимодействия его с другими алгоритмами (т.е. с учётом построения систем контроля и управления). Полнота библиотеки: библиотека пользователя должна покрывать предлагаемые методы ТАУ, реализовывать различные методы, предлагаемые математикой. Например, качественная обработка статистики в режиме реального времени и построение различных моделей.

При разработке библиотеки алгоритмов контроллеров серии «Контраст» КР-300, КР-500 разработчики попытались усовершенствовать библиотеку алгоритмов контроллера Р-130. Но с точки зрения автора статьи ряд усовершенствований, к сожалению, не в лучшую

---

<sup>1</sup> Контроллер Р-130 взят за основу, так как в нём достаточно полная библиотека алгоритмов хорошо представлена, хотя тоже требует изменений и дополнений.

сторону. Для сравнения, приводятся структура алгоритма из библиотеки контроллера Ремиконт Р-130, как есть, без изменений. Указываются недостатки, после чего приводится структура алгоритма после модификации (на уровне входы, выходы). Ставится цель о создании эффективной библиотеки алгоритмов, не повторяющей «старые» ошибки, фактически речь идёт о разработке нового отечественного контроллера на базе контроллеров Ремиконт[12]. Прежде чем перейти к анализу отдельных алгоритмов приводится стандартный ПИ-регулятор. И показывается, как от качества алгоритмов, входящих в состав регулятора, зависит качество регулирования большинства АСУ ТП. ПИ-регулятор часто используют для управления различными процессами.

Программа стандартного ПИ-регулятора представлена на рис.1 на языке функциональных алгоблоков (FBD). Алгоритмы ЗДН, РАН и РУЧ составляют основу ПИ-регулятора. Основные алгоритмы ПИ-регулятора отмечены римскими цифрами: I, II и III. Проведём анализ этой структуры и алгоритмов, предложим варианты совершенствования структуры и алгоритмов ПИ-регулятора. В частности, для практической реализации в ПИ-регуляторе необходимо предусмотреть дополнительный анализ входной и выходной информации регулятора, что существенно повышает надёжность регулятора. Структура регуляторов повышенной надёжности подробно рассмотрена в работах [13, 15].

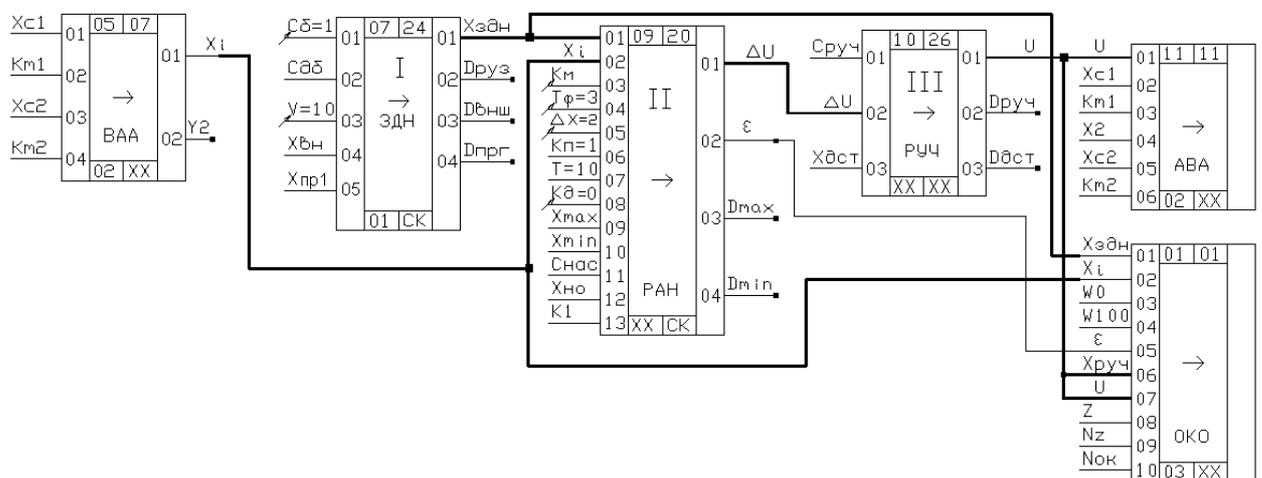


Рис. 2 - Структура простого регулятора

Расшифровка используемых в программе алгоритмов: ВАА - ввод аналоговых сигналов по группе А, ЗДН - алгоритм формирования задания, РАН – алгоритм, реализующий ПИД - регулятор аналоговый стандартный, РУЧ - алгоритм ручного управления, АВА - аналоговый вывод сигналов управления, ОКО – алгоритм оперативного контроля информации на лицевой панели регулирующей модели контроллера. Римскими цифрами I, II, III обозначены алгоритмы, составляющие основу регулятора.  $X_i$  - значение регулируемой переменной.  $X_{здн}$  - задание регулятору иногда называют уставкой.  $\Delta U$  – выходное значение регулятора (в приращении).  $U$ -абсолютное значение сигнала регулирования, выдаваемое с контроллера на исполнительный механизм. Более подробная расшифровка входных и выходных сигналов каждого алгоритма приводится ниже.

Алгоритм РУЧ снабжен переключателем вида задания, с помощью которого можно выбирать один из трех видов задания: ручное, программное или внешнее. При автоматическом управлении сигнал задания устанавливается оператором вручную; при программном задании – задание изменяется во времени по заданной программе, которое формируется в алгоритме программного задания (ПРЗ); при внешнем задании сигнал задания либо формируется внутри контроллера с помощью других алгоритмов, либо поступает на вход  $X_{вн}$  алгоритма ЗДН (четвёртый вход) извне через цепи аналогового входа, либо поступает извне по локальной сети.

РУЧ – алгоритм, с помощью которого регулятор отключается. Регулирование ведётся в режиме ручного или дистанционного управления. При дистанционном управлении сигнал, управляющий исполнительным механизмом, может либо формироваться какими-либо алгоритмами (помимо основного ПИД) внутри контроллера, либо поступать извне, например, по локальной сети или с верхнего уровня.

Алгоритм формирования задания регулятору ЗДН, код 24, представлен на рис.2. В алгоритме ЗДН формируется задание регулятору.

С помощью переключателя вида задания выбирается один из трех видов задания: ручное задание РЗ, программное задание ПЗ или внешнее задание ВЗ.

Обратим внимание на изменения основных алгоритмов, которые повысят качество ПИ-регулятора. В алгоритме ЗДН введены изменения: введены команды переключения на внешнее и программное управление, уменьшен модификатор количества функций программного регулирования, изменён алгоритм динамической балансировки или плавного перехода с одного задания на другое. Пропорциональная часть регулятора формирует в ступенчатое воздействие, что может привести к срыву пламени с горелки при управлении газовыми печами или к гидравлическим ударам при регулировании потоков жидкости.

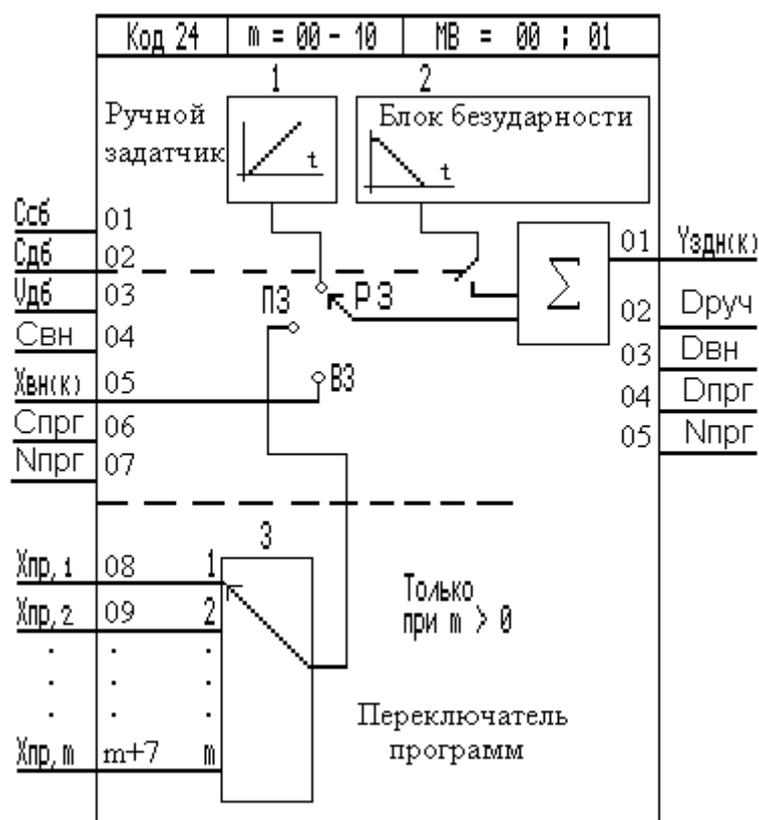


Рис. 3 Структура алгоритма ЗДН после усовершенствования

Ссб - признак безударного перехода с ручного управления на автоматический режим (так называемая статическая балансировка). Сдб - признак плавного перехода с одного задания на другое (признак динамической балансировки). Вдб – скорость динамической балансировки (%/с). РЗ – ручное формирование задания регулятору. ВЗ – внешнее задание. ПЗ – программное задание. С<sup>2</sup>вн – команда перехода на внешнее задание, Хвн - сигнал внешнего задания. Спрг - команда перехода на программное задание (X<sub>пр,1</sub> – вход первого программного задатчика). В нашем случае сюда подают сигнал задания с выхода алгоритма ПРЗ. Yздн – выход алгоритма, значение задания, которое поступает на первый вход алгоритма РАН в качестве задания. Друч – признак ручного формирования задания, Двн -

<sup>2</sup> Команды Свн и Спрг- предложены автором.

признак внешнего формирования задания,  $D_{прг}$  - признак формирования задания по программе,  $N_{прг}$  – номер программы, по которой будет формироваться задание регулятору.

Через алгоритм ЗДН к регулятору подключается также программные задатчики  $X_{пр}$  или сигнал внешнего задания  $X_{вн}$ . С помощью переключателя вида задания выбирается один из трех видов задания: ручное задание РЗ, программное задание ПЗ или внешнее задание ВЗ. Некоторые пояснения по работе алгоритма ЗДН. Начнём с безударного подключения регулятора к ОУ.

Вначале рассмотрим переход регулятора из ручного режима в автоматический. В ручном режиме регулятор отключён. Для безударного перехода из ручного режима в автоматический в контроллере Р-130 устанавливают [9] признак статической балансировки. Признак статической балансировки задаётся командой  $C_{сб}=1$  по первому входу алгоритма ЗДН. В контроллерах Ремикон Р-130 такой режим формирования задания регулятору назван статической балансировкой. Название выбрано разработчиками, с моей точки зрения, не удачное. Этот признак лучше назвать признаком безударного перевода с ручного режима работы в автоматический режим.

В дистанционном или ручном<sup>3</sup> режиме, т.е. когда регулятор отключается, в алгоритме ЗДН включается режим слежения, при котором  $X_{здн} = X_i$ , то есть сигнал задания отслеживает значение регулируемой переменной. В момент переключения в автоматический режим величина рассогласования практически равна нулю ( $\epsilon = X_{здн} - X_i \approx 0$ ). Поэтому на выходе алгоритма РАН в этот момент сигнал регулирования не изменяется  $\Delta U = 0$ . Положение исполнительного механизма (ИМ) остаётся неизменным. Такой переход с ручного режима на автоматический называют безударным. Если  $C_{сб}=0$ , то в ручном режиме в алгоритме ЗДН никакого слежения не происходит (задание не меняется). В этом случае возможны удары при переходе регулятора в автоматический режим.

Рассмотрим решение вопроса безударности при переходе из автоматического режима работы в ручной режим работы. При отключении регулятора сигнал регулирования на выходе алгоритма РУЧ сохраняется неизменным, следовательно, и положение ИМ сохраняется неизменным, т.е. переключение осуществляется безударно. В этом случае безударность обеспечивает алгоритм РУЧ.

Таким образом, обеспечивается безударный переход в обоих направлениях: с ручного на автоматический, и, наоборот, с автоматического в ручной режим работы.

Существует ещё один момент при практической реализации регулятора: при работе в автоматическом режиме (режим стабилизации) в большинстве случаев переход с одного задания на другое должен осуществляться плавно.

Для этого в алгоритме ЗДН предусмотрен другой признак, признак динамической балансировки  $S_{дб}$ . Корректнее было бы его назвать признак плавного перехода с одного задания на другое [13-15]. Скорость перехода с одного задания на другое задаётся переменной  $V_{дб}$ . Скорость динамической балансировки или скорость перехода с одного задания на другое обозначается  $V_{дб}$ . Скорость изменения задания установлена в %/с. Например, оператор изменил задание скачком с 40 на 60. Если  $V_{дб} = 5$ , то это значит, задание регулятору изменится не скачком, а плавно, шагами: начиная с 40, через одну секунду будет 45, ещё через секунду 50 и так далее до 60. К сожалению, в контроллере Р-130, режим динамической балансировки реализован не совсем так.

Вопросу безударных переключений уделил внимание и Эндрю Парр [16, с.204-206]. По сути это то же самое, но реализация, на мой взгляд, сложнее и не так очевидна.

Алгоритм РАН (рис. 3) является основным в структуре регулятора (рис.1). Алгоритм используется при построении ПИД-регулятора с аналоговым выходом.

<sup>3</sup> Название ручной режим, принятое в документации на контроллер Р-130, некорректно. В ручном режиме в нашем случае управление производится на расстоянии (контроллер находится, обычно, в операторной), т.е. дистанционно. Но так как отдельно предусмотрен дистанционный режим регулирования, то этот режим разработчики назвали ручным.

Функциональная схема алгоритма РАН содержит несколько звеньев: фильтр, сумматор, зона нечувствительности, сам ПИД-регулятор и звено ограничения сигнала регулирования по минимуму и максимуму. Звено, определяющее сигнал рассогласования, алгебраически суммирует два входных сигнала: сигнал задания и текущее значение регулируемого параметра. Значение регулируемого параметра может масштабироваться и фильтроваться. Сигнал рассогласования (без учета фильтра) в  $i$ -ый момент времени равен  $\epsilon_{1i} = X_{здн} - K_m * X_i$ .

Узел автонастройки коэффициентов регулятора:  $K_p$ ,  $T_i$  и  $K_d$ . При дискретном сигнале на входе  $S_{нас} = 1$  алгоритм РАН переходит в режим настройки и в замкнутом контуре регулирования устанавливаются автоколебания. Параметры этих колебаний (амплитуда и период), которые контролируются на выходе  $Y_e$ , используются для определения параметров настройки. Для большинства объектов нефтехимии и нефтепереработки, объектов энергетики периодические возмущения недопустимы, поэтому данный метод настройки коэффициентов регулятора на этих объектах не используется. На рис. 3 представлена структура модифицированного алгоритма РАН.

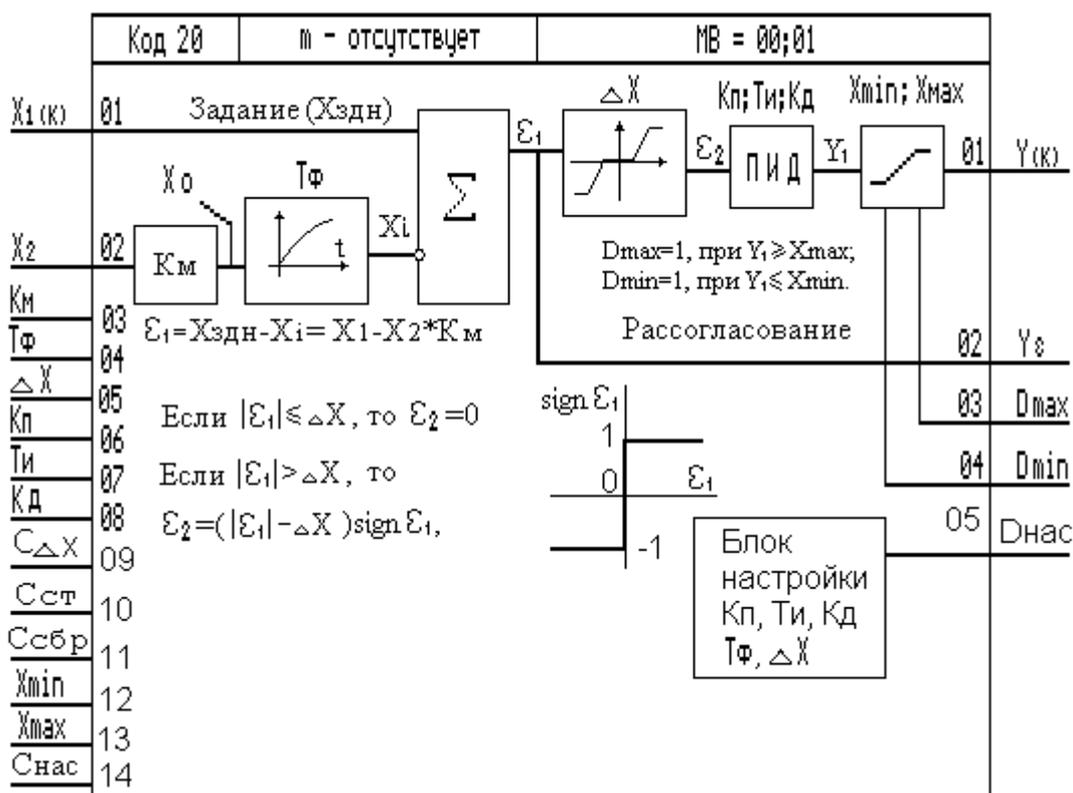


Рис. 4 - Структура алгоритма РАН

$X_1$  – вход задания.  $X_2$  – значение регулируемой величины.  $K_m$  – коэффициент масштабирования.  $T_f$  - постоянная экспоненциального фильтра.  $\Delta X$  – зона нечувствительности.  $K_p$  – коэффициент пропорциональности.  $T_i$  – время интегрирования.  $K_d$  – коэффициент дифференцирования.  $X_{min}$ ,  $X_{max}$  – ограничения сигнала регулирования по минимуму и максимуму.  $Y$  – выход регулятора.  $Y_e$  - величина рассогласования ( $\epsilon_1$ ).  $\epsilon_1$  – рассогласование до зоны нечувствительности.  $\epsilon_2$  – величина рассогласования после зоны нечувствительности.  $S_{\Delta X}$  – признак (команда) автоматической оценки величины зоны нечувствительности (Если  $S_{\Delta X}=1$ , то величина зоны нечувствительности  $\Delta X$  определяется автоматически в реальном масштабе времени. Если  $S_{\Delta X}=0$  – зона нечувствительности не корректируется).  $S_{ст}$  –команда останова изменения интегральной составляющей,  $S_{сбр}$  – команда сброса интегральной составляющей.  $D_{max}$ ,  $D_{min}$  – признак выхода сигнала регулирования или за верхнюю границу ( $X_{max}$ ) или за нижнюю границу ( $X_{min}$ ). Алгоритм будет

правильно работать, только если  $X_{\max} > X_{\min}$ .  $D_{\text{нас}}$  – признак того, что регулятор находится в режиме настройки.

При определении коэффициентов регулятора (настроек) желательно использовать как активные (воздействие типа развёртки), так и пассивные методы настройки. Для выхода из режима настройки признак должен приравняться к нулю автоматически, после настройки регулятора, или оператором ( $S_{\text{нас}} = 0$ ). При этом должны храниться настройки для разных режимов работы и автоматически выбираться с изменением режима работы ОУ.  $D_{\text{нас}}$  - признак режима настройки регулятора ( $D_{\text{нас}}=1$  – идёт настройка,  $D_{\text{нас}}=0$  настройка отключена).

Зона нечувствительности очень важна при реализации регулятора. К сожалению, в некоторых библиотеках современных контроллеров она отсутствует.

Если модуль величины рассогласования меньше зоны нечувствительности, то на вход регулятора должно поступать нулевое значение рассогласования. В этом случае исполнительный механизм не изменяет своего положения. В контроллере Р-130 модуль рассогласования сравнивается с половиной зоны нечувствительности. Таким образом, зона нечувствительности исключает напрасную работу регулятора по отработке случайных и малых рассогласований. Очень важно правильно установить величину зоны нечувствительности ( $\Delta X$ ). Величина зоны нечувствительности зависит от погрешности измерительного канала и может быть оценена по формуле:  $\Delta X \approx 3\sigma_{\text{и}}$ ,  $\sigma_{\text{и}}$  - погрешность измерительного канала  $Y1$ . Вначале погрешность измерительного канала может оцениваться по паспортным данным устройств измерительного канала и зона нечувствительности задается пользователем в единицах регулируемой величины. Устройствами измерительного канала могут быть: датчик, нормирующий преобразователь, АЦП. Кроме того, учитывают методическую погрешность получения десятичного числа. Величина зоны нечувствительности не зависит от рассогласования. Для оценки зоны нечувствительности в режиме реального времени рассчитывают среднеквадратическое отклонение по регулируемому параметру и если оно больше погрешности измерительного канала  $\sigma_{\text{и}}$ , то при оценке зоны нечувствительности берётся среднеквадратическое отклонение. Алгоритм формирования величины рассогласования регулятору при наличии зоны нечувствительности приводится ниже.

Обозначим величину рассогласования до зоны нечувствительности регулятора через  $\epsilon 1$ , а после зоны нечувствительности через  $\epsilon 2$  (рис.3). Значение  $\epsilon 2$  поступает в регулятор. Если модуль рассогласования  $\epsilon 1$  меньше зоны нечувствительности  $\Delta X$ , то в регулятор поступает рассогласование  $\epsilon 2$ , равное нулю. Т.е., если  $|\epsilon 1| \leq \Delta X$ , то  $\epsilon 2=0$ . Если  $|\epsilon 1| > \Delta X$ , то величина  $\epsilon 2$  следующим образом:  $\epsilon 2 = (|\epsilon 1| - \Delta X) \text{sign}(\epsilon 1)$ .  $\text{Sign}(\epsilon 1)$  – функция знака. В Ремиконте Р-130 модуль величины рассогласования сравнивается с половиной зоны нечувствительности.

Задание регулятору может изменяться по какому-либо закону. В этом случае имеем программный регулятор. Закон изменения задания можно реализовать в виде кусочно-линейной аппроксимации. Такой алгоритм назван программным задатчиком (шифр алгоритма ПРЗ, код — 27). На рис. 4 представлена модифицированная структура алгоритма ПРЗ.

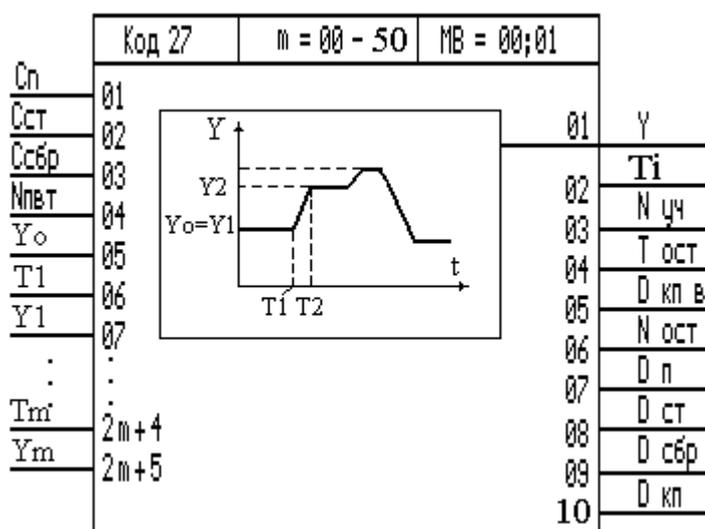


Рис. 5 Структура алгоритма ПРЗ

T1 и Y1 – координаты первой точки, Tm и Ym – координаты последней точки, Y – основной выход. Расшифровка входных и выходных сигналов приводится в таблице.

Описание входных сигналов алгоритма ПРЗ		
Номер входа	Обозначение	Назначение
1	Сп	Команда пуск задатчика
2	Сст	Команда стоп задатчика
3	Ссбр	Команда сброс задатчика
4	Nпвт	Число повторений программы
5	Y <sub>o</sub>	Начальное значение задания
6	T1	Длительность первого участка
7	Y1	Ордината первого участка
8	T2	Длительность второго участка
9	Y2	Ордината второго участка
• • •	• • •	• • •
2m+4	T <sub>m</sub>	Длительность m-го участка (последнего участка)
2m+5	Y <sub>m</sub>	Ордината m-го участка
Описание выходных сигналов алгоритма ПРЗ		
1	Y	Выход задатчика (основной выход)
2	T <sub>i</sub>	Длительность работы задатчика с момента пуска
3	Nуч	Номер текущего участка
4	Tост	Оставшееся время до конца текущего участка
5	Dкпв	Конец текущего повторения программы
6	Nост	Оставшееся число повторений программы
7	Dп	Программа находится в состоянии пуск
8	Dст	Программа находится в состоянии стоп
9	Dсбр	Программа находится в состоянии сброс
10	Dкп	Признак окончания работы программы

В существующей версии алгоритма кусочно-линейной функции координаты оси X задаются в приращениях. При работе алгоритма из библиотеки алгоритмов контроль времени от начала работы программного регулятора отсутствует.

На рис.5 показано, как должна строиться (задаться) кусочно-линейная функция в алгоритме ПРЗ.

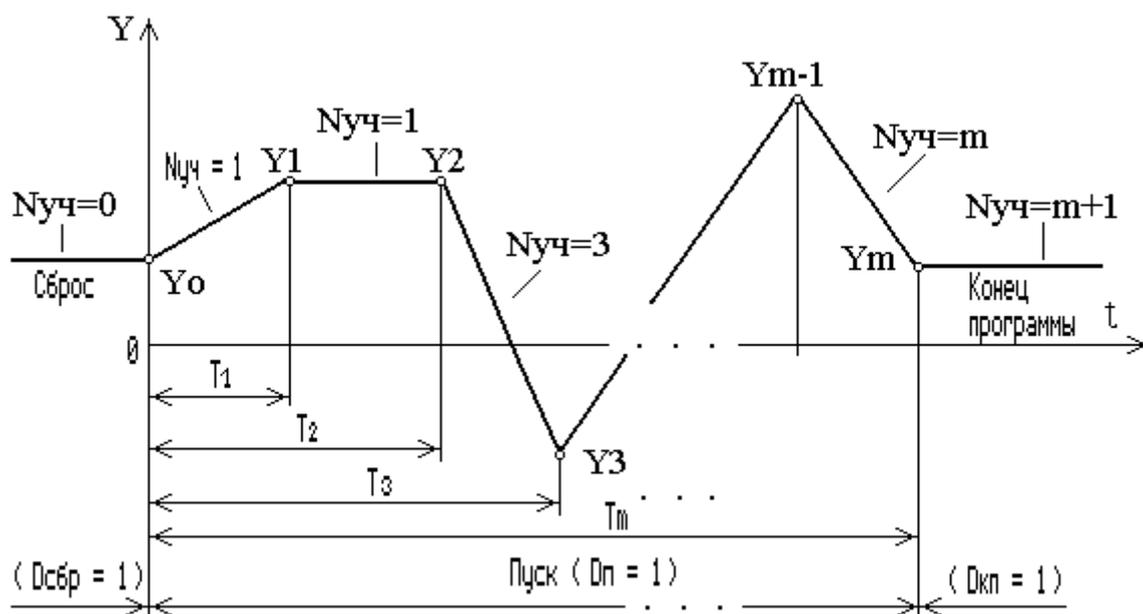


Рис. 6 График кусочно-линейной аппроксимации

Нуч – номер участка.

Одним из основных алгоритмов контроллера является алгоритм таймера (ТМР). В некоторых контроллерах имеется путаница в названиях: одновибратор или алгоритм запаздывания называют таймером. Рассмотрим алгоритм таймера из библиотеки контроллера Р-130, отметим его недостатки и предложим модифицированный алгоритм. Алгоритм имеет код 81 и шифр ТМР. На рис. 6 представлена структура исходного алгоритма.

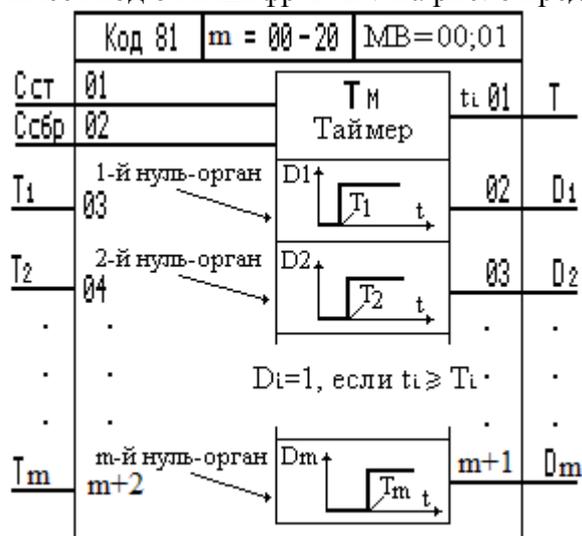


Рис. 7 – Структура исходного алгоритма ТМР

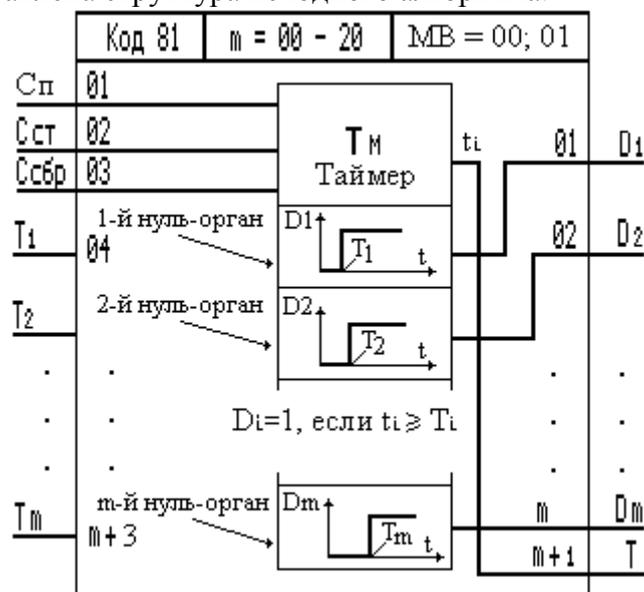


Рис.8 – Структура алгоритма ТМР после модификации

Сп – команда пуск, Сст – команда стоп, Ссбр – команда сброс, T1 – значение порогового значения первого нуль-органа, T2 – значение порогового значения второго нуль-органа, Tm - значение порогового значения второго нуль-органа. T – текущее время таймера, D1 – дискретный выход первого нуль-органа, D2 - дискретный выход второго нуль-органа, Dm - дискретный выход m-го нуль-органа, T – текущее время таймера.

Следует обратить внимание на особенность модификатора в алгоритме ТМР. Модификатор в таймере задаёт количество пороговых элементов (нуль-органов), а не таймеров. Таймер в алгоритме ТМР один. В заводском варианте, как только программа с ТМР загрузится в ОЗУ, то алгоритм ТМР начинает работать сразу, т.е. его не надо пускать. Вторая ошибка с точки зрения системотехники и использования его с логическими алгоритмами. Зачем для данного алгоритма второстепенный выход текущего времени таймера выдавать по первому выходу? Это приводит к смещению на единицу при конфигурировании (см. реализацию циклограмм [17]). Программист, при программировании прикладной задачи, находится в постоянном напряжении. Проведём анализ и представим результат модификации алгоритма ТМР. На рис.7 представлен тот же таймер с пороговыми элементами, но несколько модифицированный. **Добавлена команда Пуск Сп.** В этом случае таймер сам не начинает работать, а только после подачи команды Пуск. Изменена нумерация и выходных сигналов. Выход с таймера (текущее время таймера) опущен в конец ( $m+1$  – выход). При такой реализации алгоритма станет проще и нагляднее программа, уменьшатся ошибки при проектировании и эксплуатации программного обеспечения.

В алгоритме СЧТ команда Пуск не нужен, так как сам по себе счётчик не начинает считать. Счётчик начинает работать, только когда появляются на входе импульсы, поэтому команда пуск отсутствует. Команда Стоп Сст и команда Сброс Ссбр перемещены вверх (рис.9). Это позволяет сохранять единообразие в структуре алгоритмов, где используются команды пуск, стоп и сброс. На рис. 8 и 9 рассматриваются структуры алгоритма счётчик СЧТ.

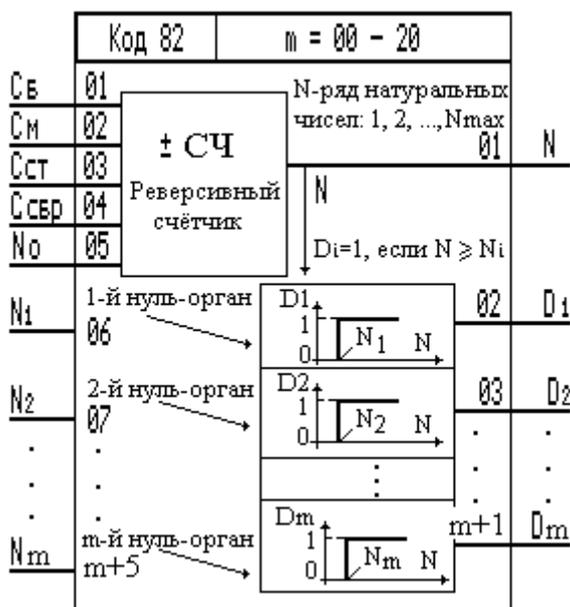


Рис. 9 - Исходный алгоритм СЧТ

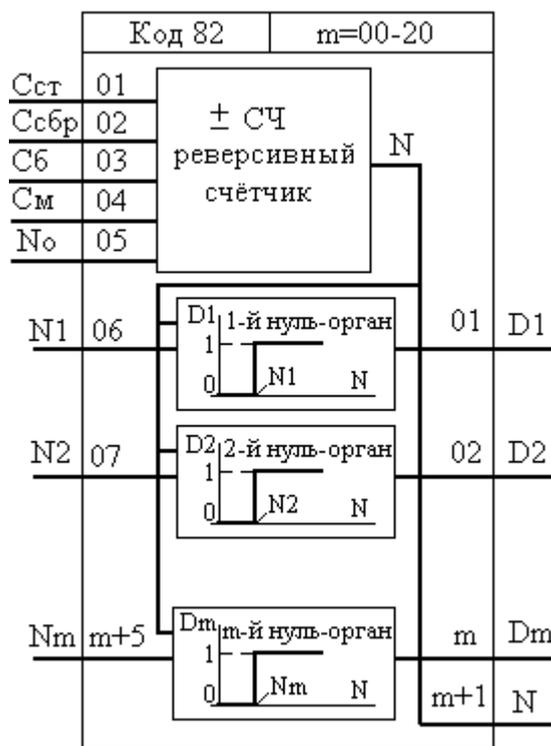


Рис. 10 - Алгоритм СЧТ после модификации

Сст – команда стоп, Ссбр – команда сброс, Св – вход счётчика на увеличение, См – вход счётчика на уменьшение, No – начальное значение счётчика, N1 – значение порогового значения первого нуль-органа, N2 – значение порогового значения второго нуль-органа, Nm - значение порогового значения второго нуль-органа. N – значение счётчика, D1 – дискретный выход первого нуль-органа, D2 - дискретный выход второго нуль-органа, Dm- дискретный выход m-го нуль-органа.

Рассмотрим алгоритм одновибратор ОДВ (рис.10). В исходном алгоритме модификатор отсутствует и отсутствует команда стоп.

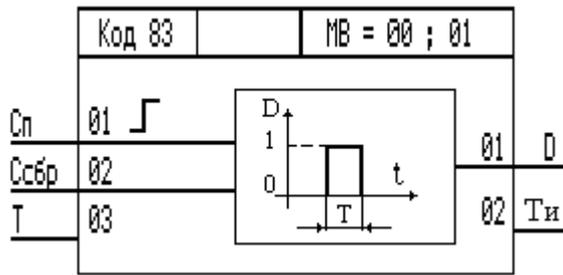


Рис. 11 Исходный алгоритм ОДВ

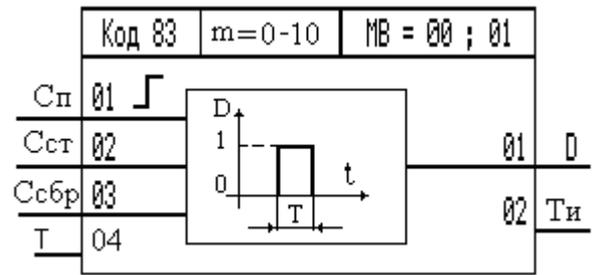


Рис. 12 -Модифицированный алгоритм ОДВ

Сп – команда ПУСК, Сст – команда стоп, Ссбр – команда СБРОС, Т – время, определяющее длительность импульса. D – ОДВ, Тн – текущее время продолжительности импульса. Алгоритм ОДВ тоже должен иметь модификатор m, как это реализовано в контроллере КР-300. На рис. 11 представлена структура модифицированного алгоритма ОДВ. **Необходимо проверять алгоритмы из библиотеки контроллера, прежде чем их использовать в программах и системах, особенно для объектов повышенной опасности.** Например, об ошибке в работе алгоритма ОДВ из библиотеки алгоритмов контроллера Р-130, указывалось в пособии[19]. На рис.12 представлена структура алгоритма мультивибратор (МУВ) до модификации. На рис.13 — после модификации.

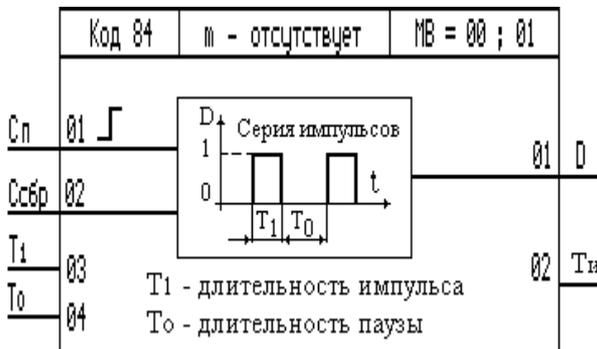


Рисунок 13 Структура алгоритма МУВ



Рис. 14 – Алгоритм МУВ после модификации

На рис. 14 представлен алгоритм интегрирования (ИНТ) до модификации, на рис. 15 — после модификации.

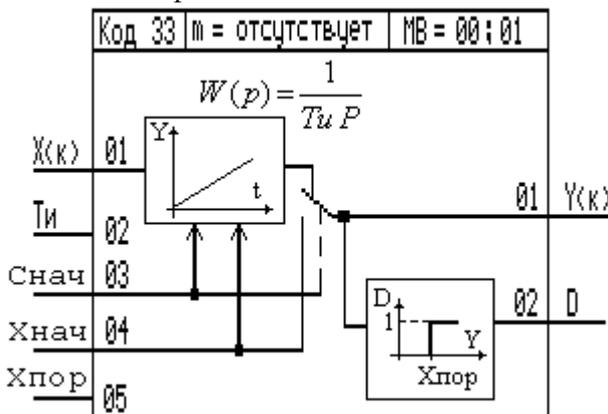


Рисунок 15 Структура алгоритма интегрирования

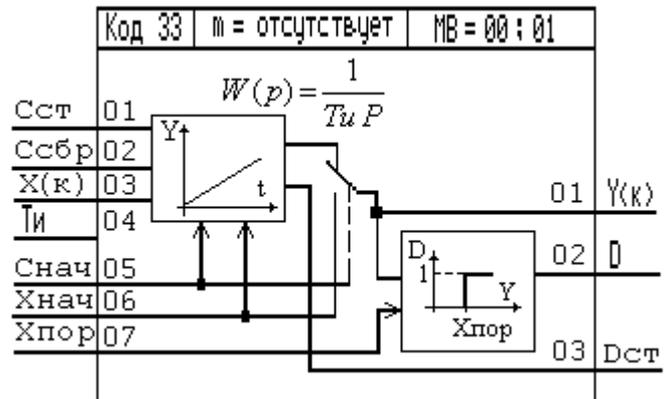


Рисунок 16 Структура алгоритма ИНТ после модификации

X – интегрируемая величина, Тн – время интегрирования, Снач – команда установки начального значения на выходе интегратора, Хнач – начальное значение, Хпор – пороговое значение. Если выходное значение интегратора будет более порогового значения Хпор, то на дискретном выходе алгоритма установится логическая единица (D=1). При Снач=1 на выходе интеграла устанавливается начальное значение Хнач, т.е. Y=Xнач. На рис.15 в алгоритм ИНТ добавлены две команды: команда Стоп (Сст) и команда Сброс интеграла. По команде Стоп значение интеграла «замораживается», т.е. интеграл прекращает

изменяться. По команде Сброс значение интеграла сбрасывается до значения  $X_{нач}$ . На выходе алгоритма добавлен признак Dст останова изменения интеграла.

На рис.16 представлен алгоритм НОР (Нуль-орган), который может использоваться в блоке сигнализации[18]. В одном алгоблоке может быть до десяти алгоритмов НОР. Каждый алгоритм НОР имеет пять входов и два выхода. Данный алгоритм нареканий не имеет. В библиотеке алгоритмов ПЛК-150 алгоритма НОР нет, как и других алгоритмов, анализируемых в данной статье. Но, в среде CoDeSys имеется возможность создания своих алгоритмов (блоков) на любом языке программирования, например, на языке CFC или ST. В качестве примера на рис.17 представлен алгоритм НОР<sup>4</sup> на языке CFC с функциями аналогичными алгоритму НОР контроллера P-130. Наличие модификатора в среде CoDeSys не предусмотрено. Представленная программа алгоритма НОР реализована в среде CoDeSys (для контроллеров ПЛК-150, ПЛК-154).

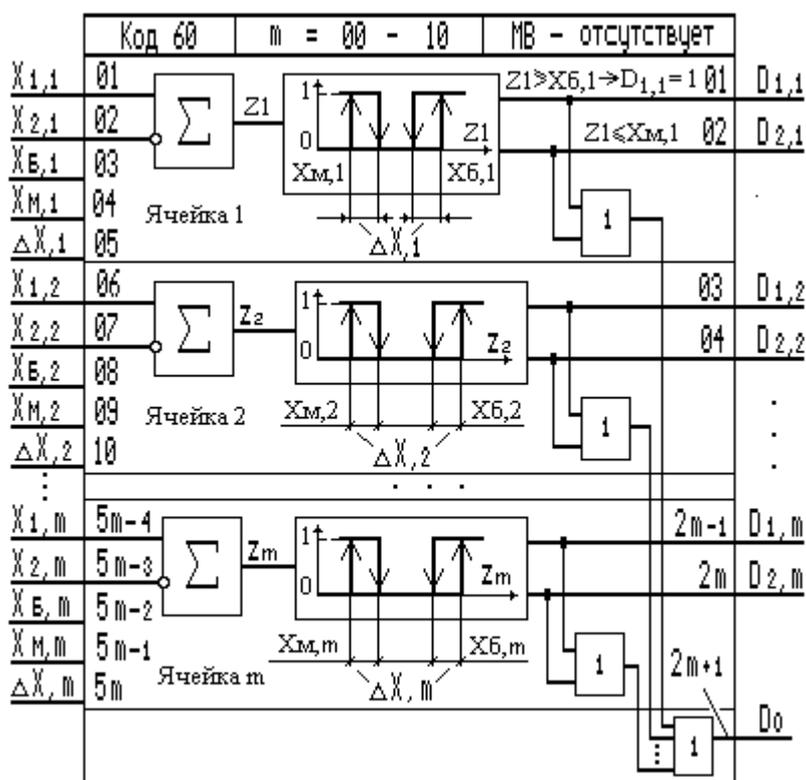


Рис. 17 Структура алгоритма НОР

$X_{1,1}$  – первый сигнал первого нуль-органа,  $X_{2,1}$  – второй сигнал первого нуль-органа,  $X_{Б,1}$  – верхняя граница (ВГ).  $X_{М,1}$  – нижняя граница (НГ).  $\Delta X$  – величина гистерезиса задаётся исходя из погрешности измерительного канала.  $D_{1,1}$  и  $D_{2,1}$  – первый и второй дискретный выход первого нуль-органа.

<sup>4</sup> Данная программа разработана преподавателем Волжского политехнического института Бурцевым А.Г.

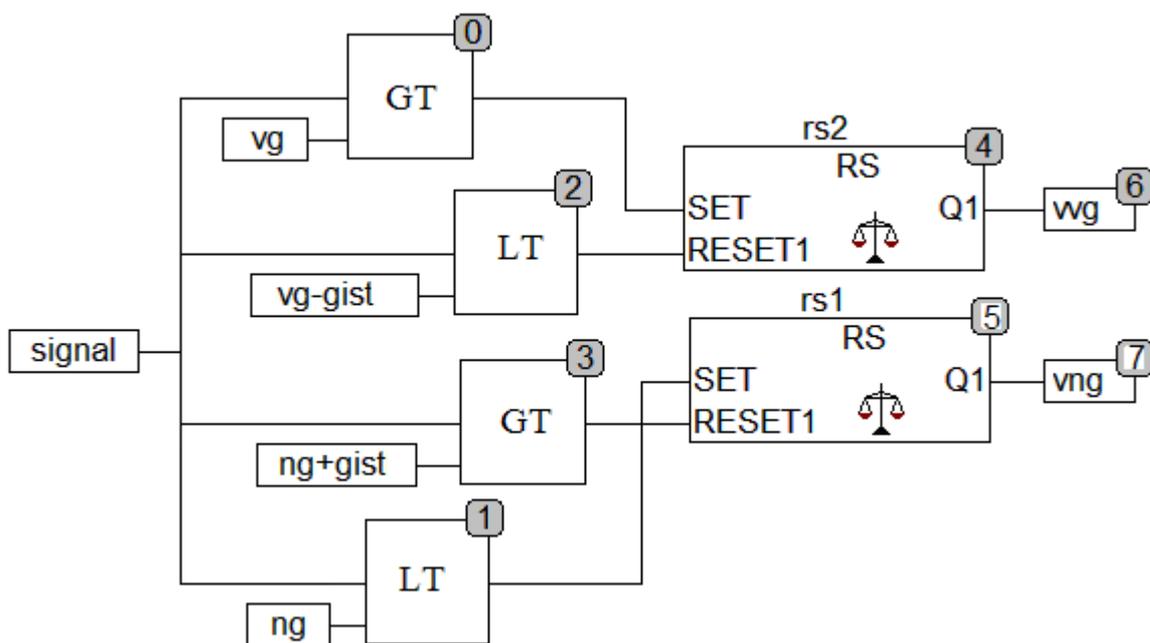


Рисунок 18 Программа НОР-органа на языке CFC

signal – текущее значение сигнала, vg – верхняя граница, ng-нижняя граница, gist – величина гистерезиса, wg - дискретный признак нарушения верхней границы, vng - дискретный признак нарушения нижней границы. GT - элемент сравнения текущего сигнала signal с верхней границей (на выходе элемента формируется дискретный сигнал, если входной сигнал становится больше установленной границы). LT – элемент сравнения сигнала с нижней границей (на выходе элемента LT формируется дискретный сигнал, если входной сигнал становится меньше установленной границы). RS – триггер. Аналогичную программу можно получить и в среде PC WORX (для немецких контроллеров модели ILC 130).

Следует отметить, что у большинства контроллеров весьма слабые алгоритмы статистической обработки сигналов. Мало уделяется внимания алгоритмам регрессионного анализа, оценки коэффициентов корреляции, корреляционных функций, алгоритмам спектрального анализа. Целесообразно иметь возможность осуществления настроек регуляторов различными методами с указанием алгоритма настройки (в методических целях и в целях возможного совершенствования предложенных разработчиком алгоритмов). Системы моделирования должны учитывать особенности конкретного контроллера (точность задания параметров и настроек, время цикла и др.).

Несколько слов о установке значений параметров по умолчанию. **Значения параметров и настроек по умолчанию должны задаваться такими, которые наиболее часто используются, которые наиболее вероятны.** Проведём краткий анализ алгоритмов ОКО и ВИН. Для отображения информации на лицевой панели регулирующей модели контроллера Ремиконт Р-130 предусмотрен алгоритм оперативного контроля (ОКО). Модификатор m в алгоритме ОКО не связан с количеством алгоритмов в одном алгоблоке, а используется для установки режимов работы регулятора (ниже приведена часть таблицы). Казалось бы, следовало бы установить значение модификатора равным 03. Однако разработчики установили по умолчанию ноль. Поэтому каждый раз при вызове алгоритма ОКО надо не забывать поставить модификатор равный трём. Если оставить модификатор, равный нулю, то режим внешнего задания и режим дистанционного управления будут не доступны при реализации ПИ-регулятора. Просто так изменить модификатор нельзя, потребуется удалить этот блок с алгоритмом ОКО. С удалением алгоблока удаляются и все связи. После вызова данного алгоритма и установки нового модификатора приходится

восстанавливать все связи. Это лишний раз говорит о том, что следует очень внимательно относиться к установке значений по умолчанию.

Возьмём ещё один алгоритм, принимающий информацию по локальной сети с других контроллеров. В контроллере Р-130 таким алгоритмом является ввод интерфейсный — алгоритм ВИН. Алгоритм ВИН очень прост. На первом входе указывают логический номер контроллера (от 1 до 15), с которого хотят принять информацию. На других входах указывают номера каналов, информация которых важна для работы данного контроллера. В алгоритме ВИН по умолчанию на этих входах указаны номера каналов (целые числа): 1, 2, 3 и т.д., информация с которых принимается данным контроллером. В контроллере КР-300 имеется такой же алгоритм ВИН, но по умолчанию на всех входах установили по умолчанию значение равное единице. Зачем принимать в контроллере несколько раз одно и тоже значение? Фактически значения каналов по умолчанию установлены некорректно. В контроллере Р-130 начальные значения (по умолчанию) в алгоритме ВИН установлены более правильно.

#### Выводы

- 1) Следует сохранять единообразие структуры алгоритмов, т.е. должна быть структурная совместимость алгоритмов.
- 2) Разработчик аппаратно-программного обеспечения контроллеров должен придерживаться принятой им идеологии для своих моделей контроллеров.
- 3) Второстепенные выходные сигналы алгоритма должны смещаться вниз алгоблока;
- 4) По умолчанию в алгоритмах должны устанавливаться наиболее вероятные значения параметров или состояния.
- 5) Следует сохранить и использовать понятие модификатор. Модификатор, в первую очередь, следует использовать для задания количества алгоритмов в алгоблоке. Это позволит создавать компактные легко читаемые программы.
- 6) Полнота библиотеки. Библиотека алгоритмов должна позволять решать различные задачи автоматического контроля и регулирования. Целесообразно в современных контроллерах взять за основу библиотеку алгоритмов микропроцессорного контроллера Ремиконт Р-130, модифицировав её и дополнив алгоритмами обработки статистической информации, новыми алгоритмами защиты информации, новыми алгоритмами регулирования (регуляторами с упредителем Смита, экстремальными регуляторами) и более совершенными методами настройки регуляторов.
- 7) Динамические алгоритмы, такие как интегратор, должны учитывать время цикла контроллера.
- 8) Библиотека алгоритмов должна включать алгоритмы статистической обработки информации.
- 9) ГОСТы и стандарты не должны являться сдерживающим фактором разработчикам нового математического обеспечения контроллеров.
- 10) Программы, разработанные для контроллеров предыдущих моделей должны без переделок работать на новых контроллерах<sup>5</sup>.
- 11) Новые модели контроллеров не должны приводить к уменьшению аппаратных и программных возможностей предыдущих моделей, т.е. должны расширяться возможности библиотеки алгоритмов.

Прежде, чем использовать алгоритмы и программы для объектов повышенной опасности, их следует тщательно проверять для различных режимов и всех возможных и даже для маловероятных ситуаций.

В работе затронута только часть проблем, связанных с математическим обеспечением контроллеров. Многие вопросы, затронутые в данной работе, автор опубликовал в журналах, пособиях[13, 14, 15, 17, 18, 19, 20].

---

<sup>5</sup> За исключением связи с УСО и то, это должно делаться на новом контроллере автоматически.

Автор надеется, что высказанные идеи и рекомендации дадут толчок к совершенствованию математического и программного обеспечения современных контроллеров.

#### Литература

9. Микропроцессорный контроллер Ремиконт Р – 130. – М.: НИИТЕПЛОПРИБОР, 1990. – 330с.
10. Глушков В.М. Введение в АСУ.-Киев: Техніка, 1972.-310с.
11. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного проектирования/ Под ред. проф. В.П. Дьяконова.-М.:Солон-Пресс, 2004.-с30.
12. Многоцелевой контроллер КР-300 серии Контраст / Плескач Н.В., Марков С.К., Макаров В.Н. // Приборы и системы управления.-1998. №6. с. 27-29.
13. Севастьянов Б.Г. Безударность и надёжность систем автоматического регулирования//ПиСУ.-2007, №12.-с.1-4.
14. Севастьянов, Б. Г.Повышение качества библиотек промышленных контроллеров / Б.Г. Севастьянов // Промышленные АСУ и контроллеры. 2014. – № 1. – С. 37 – 46.
15. Севастьянов Б.Г. Реализация законов аналогового регулирования на контроллерах.- Учебное пособие. Гриф УМО.- Волгоград, 2013.-170с.
16. Парр Э. Программируемые контроллеры. Руководство для инженера.-М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007.-с.180-185.
17. Севастьянов Б.Г. Реализация циклограмм на контроллерах Промышленные АСУ и контроллеры. 2012, № 7.-с.54-61.
18. Севастьянов Б.Г. Программная реализация технологической сигнализации на промышленных контроллерах // Промышленные АСУ и контроллеры.-2012, № 8.-с.50-57.
19. Севастьянов Б.Г. Реализация дискретных систем управления на контроллерах.- Учебное пособие. Гриф УМО.- Волгоград, 2011.-230с.
20. Севастьянов, Б.Г. Принципы программирования контроллеров на языке функциональных блочных диаграмм / Б.Г. Севастьянов, И.А. Жолобов, Д.Б. Севастьянов // «Инженерный вестник Дона» – 2014. – №.2 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2344> (доступ свободный).

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ СЕТЕВЫХ НАСОСОВ КОТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ**

С.Н. Задворский А.А. Силаев

Система автоматического управления сетевыми насосами для котельной станции предназначена для поддержания требуемого давления в водопроводной сети. Основной задачей такой системы управления является выбор и обоснование включения/выключения нужного числа сетевых насосов на определенной мощности, чтобы обеспечить требуемое давление в сети и максимальное КПД всей системы. При этом необходимо обеспечивать максимальный срок безаварийной эксплуатации сетевых насосов.

В настоящее время на большинстве котельных станциях применяют два способа управления сетевыми насосами.

Первый способ это равномерное распределение нагрузки между группой одинаковых насосов, когда на каждый насос подаётся одинаковое управляющее воздействие, зависящее от требуемого давления в сети. При этом каждый насос может работать от минимальной до максимальной нагрузки.

Второй способ это когда основная часть насосов включена на полную мощность, почти обеспечивая требуемое давление воды в сети. А недостающее давление обеспечива-

ет последний насос, на который подаётся управляющее воздействие, зависящее от этого давления.

Исследование и анализ обоих способов управления сетевыми насосами показал следующее:

- первый способ управления реализуется гораздо проще, но он не учитывает индивидуальные характеристики каждого сетевого насоса;

- при первом способе при низком требуемом давлении воды в сети будут работать все на очень низком КПД, что приводит к преждевременному износу насосов и общем низкому КПД работы всей котельной станции;

- второй способ управления сложнее в реализации, но учитывает особенности только последнего сетевого насоса;

- при втором способе возможны случаи, когда последний насос работает на небольшую нагрузку с заниженным КПД, чтобы этого избежать на насос подают большее управляющее воздействие, что приводит к переизбытку давления в сети.

Таким образом, исследуемые существующие способы управления обладают рядом недостатков, которые не позволяют получить максимальный КПД всей системы. Требуется модернизировать систему управления сетевыми насосами для получения максимального КПД с достижением заданного давления воды в сети.

Модернизация системы управления заключается в следующем. Если последний насос работает на небольшую нагрузку, то тогда разгружают предпоследний насос, отдавая его нагрузку на последний насос, до тех пор пока хотя бы один из насосов не станет работать с 50% нагрузкой. Как только это будет достигнуто, основная часть насосов будет работать под постоянной нагрузкой, а последний насос компенсировать недостающее давление в сети. Если на последнем насосе нагрузка составляет более 50%, система управления переходит в режим работы как при втором способе управления. Основная часть насосов работают на максимальной нагрузке, а последний насос компенсирует недостающее давление в сети путём подачи на него управляющего воздействия.

Для организации такого способа управления необходимо в систему управления добавить регулятор на предпоследний сетевой насос, чтобы можно было на нём регулировать набираемую мощность насоса. В качестве регулятора предпочтительнее использовать преобразователь частоты для асинхронного двигателя.

Для проверки эффективности предложенной системы были построены математические модели исследуемых систем управления, и проведен на ЭВМ ряд экспериментов по определению КПД сетевых насосов при различном требуемом давлении воды в сети. Для эксперимента была промоделирована котельная станция с пятью сетевыми насосами.

Математические модели систем управления построены в виде суммы вырабатываемых мощностей каждого сетевого насоса.

Были получены зависимости КПД каждого насоса от требуемого давления в сети, от времени суток и времени года.

Результаты экспериментов показали, что разработанная система управления сетевыми насосами обладает более высоким КПД по сравнению с другими системами управления. Выигрыш по КПД сетевых насосов составляет около 1-2%. При этом все насосы работают в режиме приближенному к номинальному, что увеличивает их срок службы. Число включений /выключений насосов меньше по сравнению со вторым способом управления.

С помощью разработанного способа управления можно модернизировать существующие системы котельных станций, которые использует число насосов не более 10. При этом необязательно, чтобы все насосы были одинаковыми. Это позволит снизить себестоимость подводимой к потребителю горячей воды.

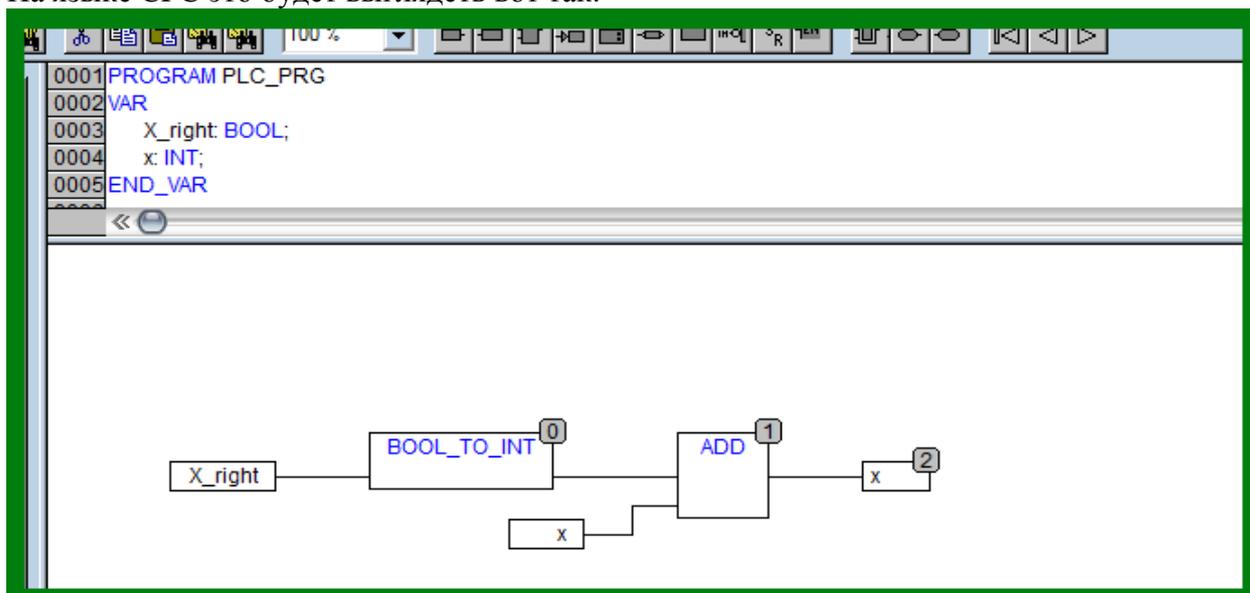
## РЕАЛИЗАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ CODESYS

автор Трушников М.А., ст.преподаватель каф. ВАЭиВТ,  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

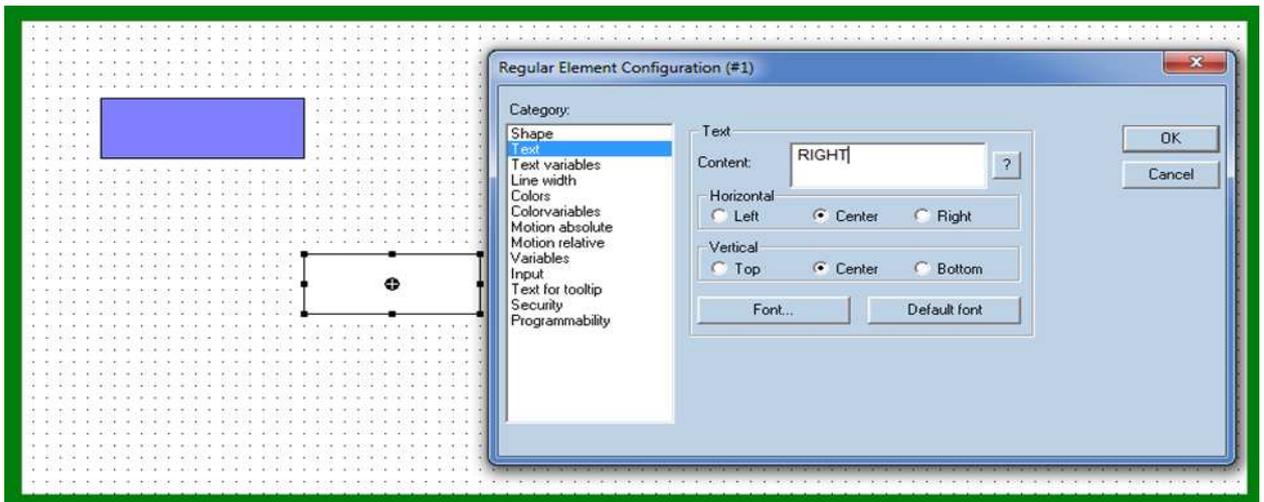
Программы управления, связанные с выполнением тех или иных операций в течении определенного промежутка времени, могут служить наглядным примером вариативности принятых решений для студентов, только начинающих освоение программирования промышленных контроллеров. Одновременно, с помощью данных программ, можно обучать азам программирования, и параллельно демонстрировать возможности решения задач различными способами и с помощью различных языков программирования. Самая простая задача, понятная любому студенту, а этот момент очень важен для обучения студентов заочной формы обучения, ведь там нужно продемонстрировать материал в сжатые сроки сессионных начиток, это задача постепенного линейного увеличения какой-либо величины. И именно с решения этой простой задачи и начинаются самые первые задания на лабораторных работах. Для начала используется CFC, как графически наглядный. На самом деле, эта задача гораздо привычней выглядит на языке ST программного комплекса CoDeSys.

$X := X + 1$

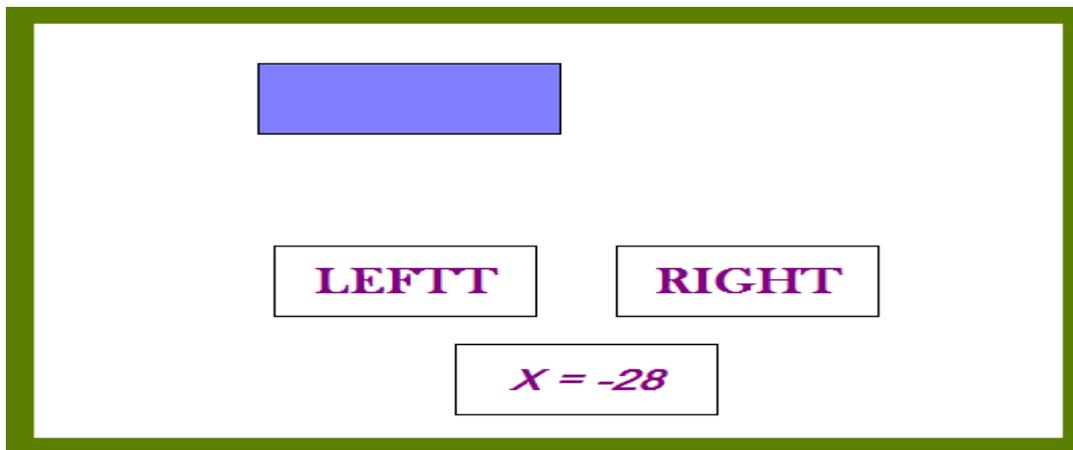
На языке CFC это будет выглядеть вот так:



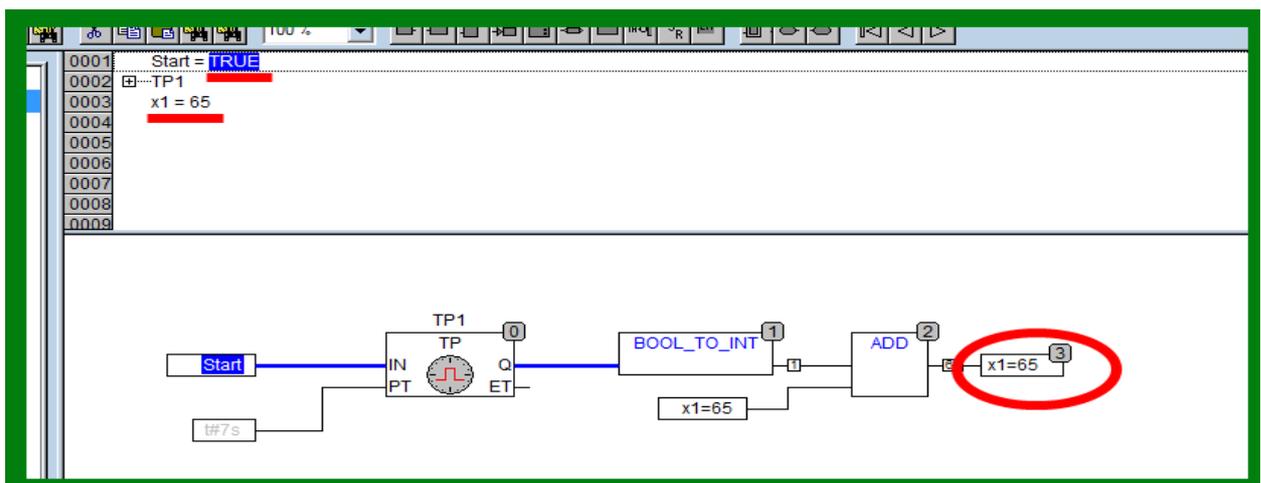
Здесь решение задачи немного усложнено в виду того, что счет должен производиться при «нажатии кнопки». Поэтому сначала производится преобразование булевой переменной в десятичную форму. Для наглядности результат данного суммирования привязывается к визуальному перемещению объекта – квадрата.



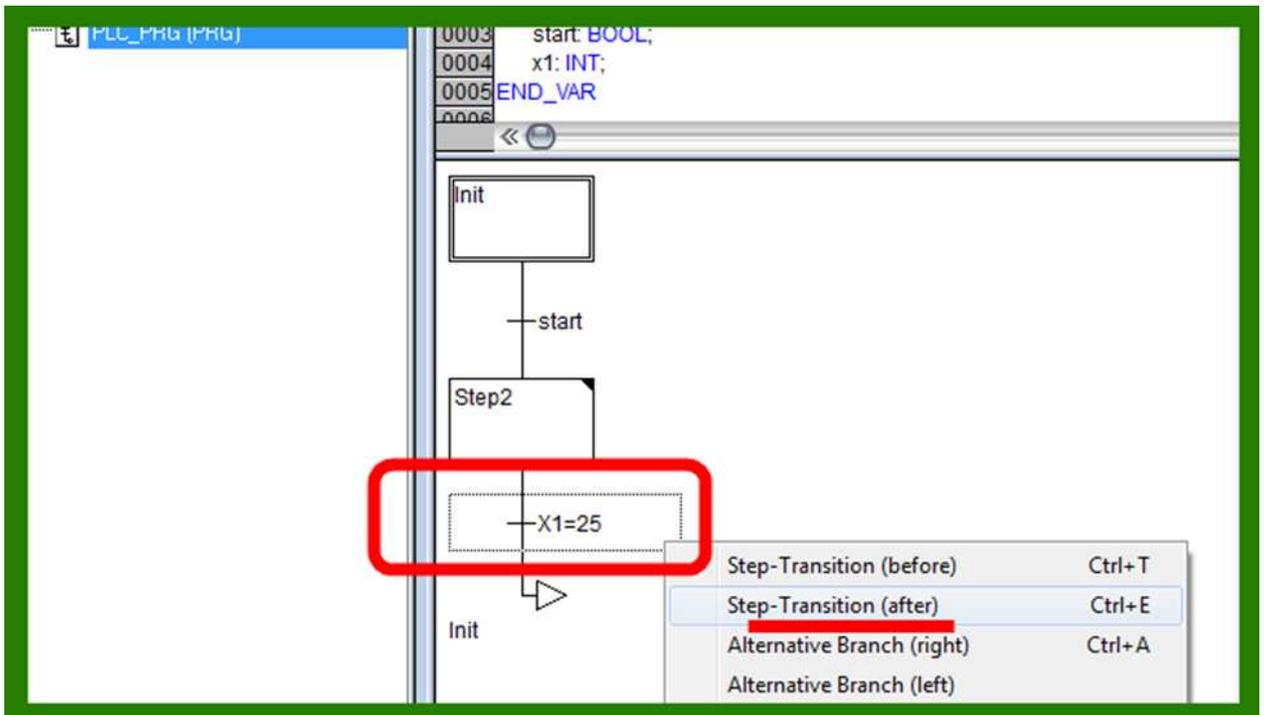
Отладив программу, и убедившись в её работоспособности, студенты осваивают различные варианты суммирования/вычитания переменных с визуальным представлением результата.



Следующая задача – решение практически идентичного запроса с использованием иных средств. Язык программирования тот же самый, но уже используется блок таймера:



Если в первом случае управление переменной осуществлялось при помощи кнопки, то здесь уже заранее задается некий временной интервал. При усложнении задачи используется другой язык программирования – SFC. Там уже выполняются локальные задачи возрастания переменной с выходом из данной операции по условию.



Тем самым, у студентов формируется устойчивый навык решения схожих задач различными способами и на различных языках программирования промышленных контроллеров.

# ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

В.А. Балашов (к.т.н., доцент), Голованчиков А.Б. (д.т.н., профессор),  
М.С. Густякова (студент гр. ХМММ-2п), К.О. Сулова (студент гр. ХМММ-1п)  
Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ),  
г. Волгоград

Среди большого разнообразия химических производств можно выделить группу с малым объемом выпускаемой продукции и условно называемую малотоннажным производством. Малотоннажными, например, являются производства синтетических красителей, катализаторов, химических реагентов, различного рода клеев, присадок к смазочным материалам, фармацевтических препаратов. Если для многотоннажных производств, например, таких как неорганический и органический синтез, нефтехимия, главенствующим является продукт, чем и объясняется высокая оптимизация таких производств, то для малотоннажных производств, главным требованием являются его функциональные свойства [1], которыми, например, могут быть химическая чистота продукта, строгий молекулярный состав или определенные биохимические свойства. Продукция отечественных многотоннажных производств в большинстве своем является продукцией низких переделов. Выпуск отечественной инновационной продукции высокого передела сдерживается отсутствием необходимых для этого материалов, производимых малотоннажной химией, которая в отечественной химической отрасли практически отсутствует [2]. Поэтому дальнейшие успехи российской химической отрасли будут во многом определяться уровнем развития и состояния производств небольших объемов продукции.

Малотоннажное производство может быть как самостоятельным, так и сопутствующим в многотоннажном производстве. Самостоятельное малотоннажное производство характеризуется следующими признаками:

- оно является многоассортиментным, что обеспечивает его выживание в условиях рыночной экономики. Ориентирование данного производства на выпуск одного наименования бесперспективно;
- режим работы оборудования может быть как периодическим, так и дискретно – непрерывным, что позволяет эксплуатировать оборудование при высоком коэффициенте использования;
- малотоннажная продукция в большинстве своем является наукоемкой. Высокозатратной составляющей малотоннажной продукции является аналитический контроль качества сырья и получаемого продукта.

Специфика малотоннажного производства требует коренного изменения подходов к методологии проектирования и управления работой малотоннажного технологического оборудования.

Наиболее важной отличительной чертой оборудования для малотоннажных производств являются его возможности к выпуску многоассортиментной продукции. Новые конструкции аппаратов должны легко перестраиваться на производство другого продукта из фиксированного ассортимента продуктов, сходных по способу получения или с близкой физико-химической структурой исходного сырья, чему в большей степени может способствовать широкое использование при их конструировании принципа унификации и взаимозаменяемости конструктивных элементов.

Возможность перестраивания на производство новой продукции должны иметь не только отдельные аппараты, но и вся цепочка оборудования, входящего в технологическую схему малотоннажной установки. Для этого технологическое оборудование должно изготавливаться в виде отдельных блоков или модулей, быть маломасштабным, устанавли-

ливаться по месту назначения без жесткого капитального фундамента и легко коммутироваться с соседним оборудованием в новой технологической цепочке.

Малые масштабы технологического оборудования позволяют не только снизить затраты на конструкционные материалы для его изготовления, монтажные и демонтажные работы при перестраивании технологической установки на производство новой продукции, но и создают благоприятные условия для разработки высокоэффективных и совершенных конструкций аппаратов.

Вследствие малых размеров реального малотоннажного аппарата снижается коэффициент масштабного перехода относительно его лабораторной модели, что позволяет существенно снизить неравномерность распределения параметров процесса в рабочем объеме аппарата и, как следствие, получить при его эксплуатации значения технологических показателей, соответствующие полученным на лабораторной модели, что, как показывает опыт, оказывается невозможным для крупномасштабных промышленных аппаратов [2]. Следует отметить и то обстоятельство, что только в маломасштабных аппаратах возможно использование некоторых новейших и перспективных физических, электрических и электромагнитных методов для интенсификации технологических процессов, которые не удастся использовать по экономическим или техническим причинам в аппаратах массового производства.

Небольшой объем и малая масса находящегося в аппарате перерабатываемого продукта позволяют на стадии проектирования заложить в его конструкцию возможности работы в широком диапазоне по тепловой нагрузке, давлению и другим параметрам, что расширяет технологические возможности малотоннажного оборудования, а при необходимости позволяет увеличить его производительность.

При разработке нового малотоннажного технологического оборудования важно еще на этапе его проектирования предусмотреть для новой конструкции широкие модернизационные возможности, позволяющие расширить спектр его использования как в различных областях химического производства, так и в родственных с ней отраслях. Следует отметить, что расширение модернизационных возможностей любого изделия всегда продлевает его жизненный цикл, и оно в дальнейшем используется в качестве прототипа для разработки более совершенной конструкции нового оборудования.

При отсутствии в настоящее время четко сформулированной методологии проектирования и функционирования малотоннажных химико – технологических систем можно только указать на некоторые направления разработок, которые могут быть актуальными в перспективе развития и становления малотоннажных химических производств. К числу этих разработок, например, могут быть отнесены следующие:

- разработка типовых аппаратурных модулей и отдельных аппаратов для проведения как специализированных, так и совмещенных процессов;
- разработка конструкций аппаратов и принципов управления работой беструбопроводных химико - технологических систем [3];
- разработка технологий на основе микроструктурированных реакторов [3];
- разработка методологии проектирования гибких химико – технологических систем и методик расчета конструктивных параметров аппаратурно – технологического оформления многоассортиментных малотоннажных производств [256].

Список использованной литературы

1. Мурзин Д. Ю. Новая парадигма химической технологии: не процесс, а продукт. // Химическая промышленность сегодня, 2004, №6, с.4-8.
2. Черняков А. В. О масштабном переходе при конструировании тепло- и массообменных аппаратов // Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2008, №5, с.3-5.
3. Генин Ю. Е., Макаров В. В., Гордеев Л. С. Оптимизация расписания работы беструбопроводных химико – технологических систем // Химия и химическая технология, 2004. – т.47, вып.8, с.20-25.

4. Ребров Е. В. Применение микротехнологий для интенсификации промышленных процессов // Химическая технология, 2009. – т.10, №10, с.595-603.
5. Дворецкий Д. С., Дворецкий С. И. Интегрированное проектирование гибких химико – технологических процессов, аппаратов и систем управления // Теоретические основы химической технологии, 2014. – т.48, №5, с.557-564.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В АППАРАТЕ С КОМБИНИРОВАННОЙ МЕШАЛКОЙ

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор

А.Г. Шульгина, студент

Волгоградский государственный технический университет(ВолГТУ)

Были проведены экспериментальные исследования зависимости числа оборотов тихоходной рамной мешалки от числа оборотов быстроходной мешалки. Особенностью такой комбинированной конструкции является то, что передача крутящего момента от быстроходной мешалки к быстроходной происходила через гидромуфту типа «цилиндр – цилиндр», рабочей жидкостью в кольцевом зазоре которых была сама перемешиваемая среда.

Изучались гидромеханические процессы, в которых рабочей жидкостью была смесь воды и веретенного гидравлического масла АУ в пропорции 7:1.

График экспериментальной зависимости представлен на рисунке 1.

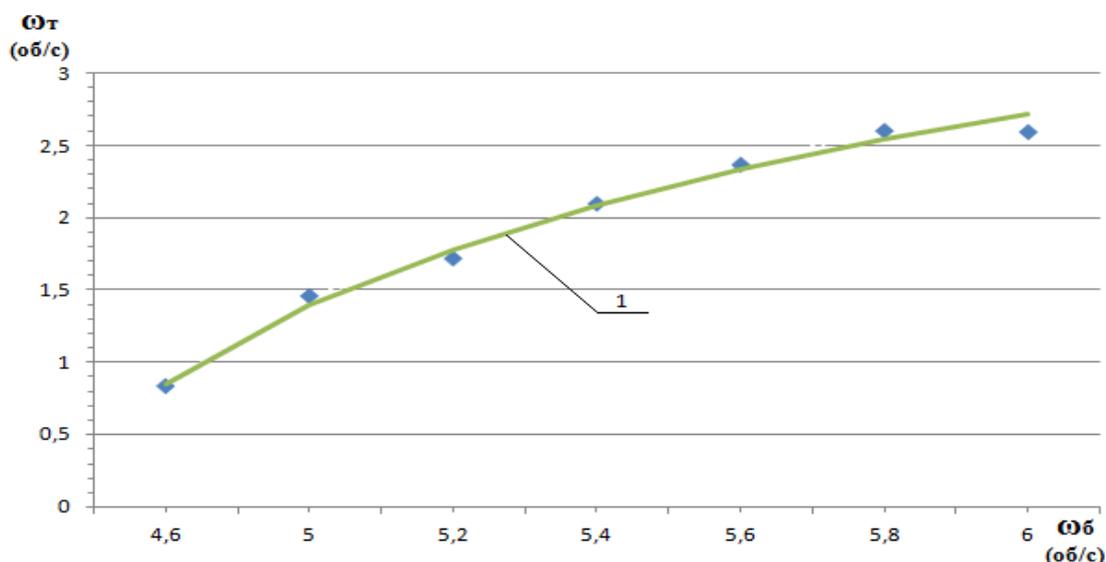


Рисунок 1 – экспериментальная зависимость числа оборотов тихоходной мешалки от числа оборотов быстроходной мешалки:

◆ – эксперимент;

1 – теоретическая зависимость, рассчитанная МНК и МНОК.

Здесь же показаны результаты аппроксимации полученной экспериментальной зависимости методом наименьших квадратов и методом наименьших относительных квадратов степенной зависимости  $\omega_T = k \cdot \omega_B^n$ :

для МНК 
$$\omega_T = 0,0053 \cdot \omega_B^{1,325}, \quad (1)$$

для МНОК 
$$\omega_T = 0,0047 \cdot \omega_B^{1,348}, \quad (2)$$

В таблице 1 приведены результаты относительных отклонений теоретических значений числа оборотов тихоходной мешалки от числа оборотов быстроходной мешалки в % от экспериментальных данных.

Таблица 1 – Зависимость относительных отклонений числа оборотов тихоходной мешалки от числа оборотов быстроходной мешалки в% от экспериментальных данных

№ опыта	$\delta$ , % МНК	$\delta$ , % МНОК
1	3,193	1,358
2	-5,665	-4,637
3	6,611	3,526
4	-1,923	-0,899
5	-4,773	-1,839
6	-7,584	-2,708
7	11,162	4,521

Как видно из таблицы 1 относительное отклонение в МНК не превышает 11,162%, а в МНОК относительное отклонение не превышает 4,521%, при этом среднее значение относительных отклонений в МНК – 2,9%, МНОК – 0,6%.

Корреляционный анализ, проведенный для линеаризованных уравнений (1) и (2) в виде

$$y = a + bx, \quad (3)$$

где  $a = \ln K$ ,  $b = n$

с учетом параллельных опытов показывает, что воспроизводимость в параллельных опытах обеспечивалась, так как расчетное значение критерия Кохрена не превышает его табличного значения.

А вот адекватность математической модели (1) МНК не обеспечивает, так как расчетный критерий Фишера, а табличное.

Математическая модель (2) МНОК обеспечивает адекватность по критерию Фишера, так как его расчетное значение.

Кроме того проверка по критерию Стьюдента подтверждает значимость обоих коэффициентов  $a$  и  $b$ , так как расчетные значения критерия Стьюдента по коэффициенту  $a$  равно  $Sa=331,4$  и по коэффициенту  $b$  равно  $Sb=83,283$ , больше табличного значения  $St_{tab}=2,14$ . Коэффициент корреляции  $r=0,9944$ .

Таким образом, МНОК позволяет с более высокой точностью моделировать экспериментальную зависимость  $\omega_T = k \cdot \omega_B^p$  и обеспечивать адекватность этой модели по критерию Фишера при значении коэффициента корреляции, близком к единице.

## РАСЧЁТ ЦЕНТРОБЕЖНО-СТРУЙНОЙ ФОРСУНКИ ДЛЯ БЕЗНАСАДОЧНОЙ ГРАДИРНИ ЭЖЕКЦИОННОГО ТИПА

Д. Р. Александрин магистрант кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

В.В. Гудименко студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Н. В. Шибитова доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Н. С. Шибитов доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Неотъемлемой частью любого производства является система водоснабжения, которая призвана обеспечить отвод тепла от оборудования.

В последние десятилетия в химической, нефтехимической, теплоэнергетической, металлургической и других отраслях промышленности на предприятиях используют систему оборотного водоснабжения для охлаждения, как основного, так и вспомогательного оборудования. Повторное использование воды позволяет сократить на 96% от общего водопотребления, однако её необходимо охлаждать чаще всего в градирнях [1, 2].

В настоящее время для охлаждения воды в системе оборотного водоснабжения всё более широкое применение находят безнасадочные градирни эжекторного типа, которые отличаются от других видов градирен низкими капитальными и эксплуатационными затратами, простотой конструкции и снижением энергозатрат, по сравнению с вентиляторными градирнями.

Основным элементом эжекторной градирни является гидравлическая форсунка. Среди существующих видов форсунок наиболее эффективной по созданию поверхности контакта фаз является центробежно-струйная форсунка, так как она позволяет получить сплошной факел, который полностью заполнен мелкодисперсными каплями [3].

В данной работе применена методика расчёта центробежно-струйной форсунки [4] (рисунок 1), на конструкцию которой получен патент на полезную модель [5].

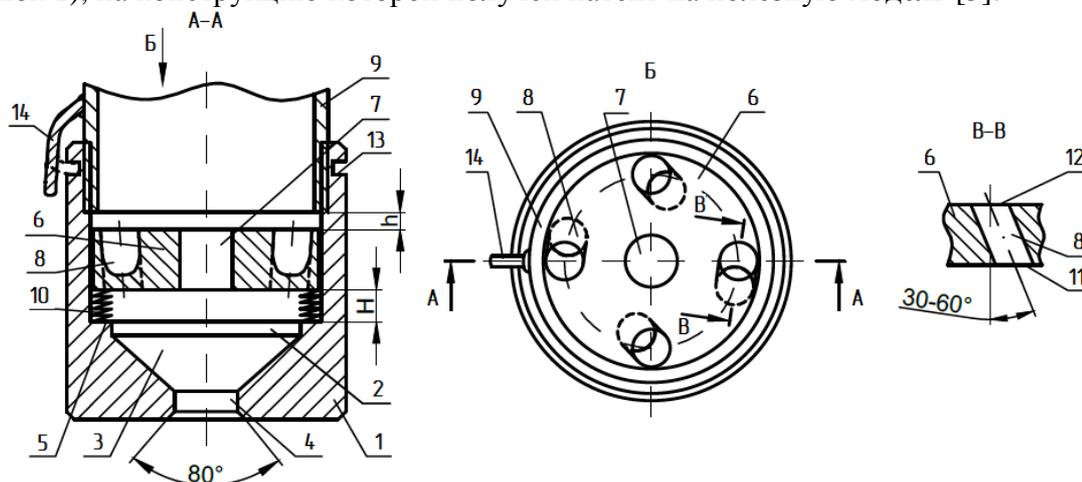


Рисунок 1. Центробежно-струйная форсунка

- 1 – корпус; 2 – подготовительная камера; 3 – коническое сужающееся отверстие; 4 – цилиндрическое сопло; 5 – кольцевой упор; 6 – вкладыш; 7 – центральное цилиндрическое отверстие; 8 – периферийные наклонные отверстия; 9 – подводящий штуцер; 10 – упругие элементы; 11, 12 – соответственно нижние и верхние основания; 13 – удерживающий элемент; 14 – фиксатор

Основными исходными данными для выполнения расчёта являются: производительность форсунки  $V_{ж} = 0,00083 \text{ м}^3/\text{с}$ ; перепад давления на форсунке  $p_{ж} = 0,4 \text{ МПа}$ ; корневой угол факела  $\beta = 80^\circ$ . Физические свойства воды принимались при  $t = 34 \text{ }^\circ\text{C}$ , воздуха

– при  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ : плотность воды  $\rho_{\text{ж}} = 994 \text{ кг/м}^3$ ; динамическая вязкость воды  $\mu_{\text{ж}} = 745 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; поверхностное натяжение воды  $\sigma = 70,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ ; плотность воздуха  $\rho_{\text{г}} = 1,185 \text{ кг/м}^3$ ; динамическая вязкость воздуха  $\mu_{\text{г}} = 18,35 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Все исходные данные принимались для реальной эжекционной градирни с соответствующей температурой нагретой воды, подаваемой на охлаждение и температурой окружающего воздуха для наиболее жаркого месяца – июль.

1) Принимаем коэффициент расхода форсунки:  $\mu = 0,80$  [4].

2) Диаметр сопла форсунки:

$$d_c = \left( \frac{4 \cdot V_{\text{ж}}}{\pi \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot p_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}}}} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{ж}}$  – производительность форсунки,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\mu$  – коэффициент расхода;

$p_{\text{ж}}$  – перепад давления на форсунке, Па;

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ .

$$d_c = \left( \frac{4 \cdot 0,00083}{3,14 \cdot 0,80 \cdot \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 9,8 \cdot 10^4 / 994}} \right)^{0,5} = 0,0068 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем диаметр сопла  $d_c = 7 \text{ мм}$ .

3) Коэффициент расхода [4]:

$$\mu = 0,83 \cdot p_{\text{ж}}^{-0,06} \cdot (0,676 - 0,024 \cdot d_c)^{0,13}, \quad (2)$$

где  $p_{\text{ж}}$  – перепад давления на форсунке, МПа;

$d_c$  – диаметр сопла форсунки, мм.

$$\mu = 0,83 \cdot 0,4^{-0,06} \cdot (0,676 - 0,024 \cdot 7)^{0,13} = 0,80.$$

Так как расчётное и принятое значения коэффициента расхода не отличаются, то расчёт можно продолжить.

4) Диаметр вкладыша и равный ему внутренний диаметр корпуса форсунки принимаем  $D = 30 \text{ мм}$ , так как  $d_c = 7 \text{ мм} \leq 15 \text{ мм}$  [6].

5) Высота вкладыша:

$$h = 2,5 + 2 \cdot d_c, \quad (3)$$

где  $d_c$  – диаметр сопла, мм.

$$h = 2,5 + 2 \cdot 7 = 16,5 \text{ мм.}$$

6) Длина соплового канала:

$$l_1 = (0,5 \div 1,0) \cdot d_c. \quad (4)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 7 = 3,5 \text{ мм.}$$

7) Высота камеры смешения:

$$l_2 = \frac{D - d_c}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}, \quad (5)$$

где  $D$  – диаметр вкладыша, мм;

$\theta$  – угол конусности камеры смещения (принимается  $\theta = 110^\circ$ ).

$$l_2 = \frac{30 - 7}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{110}{2}} = 8 \text{ мм.}$$

8) Диаметр центрального канала [4]:

$$d_o = d_c \cdot (0,676 - 24 \cdot d_c)^{0,5}. \quad (6)$$

$$d_o = 0,007 \cdot (0,676 - 24 \cdot 0,007)^{0,5} = 0,005 \text{ м} = 5 \text{ мм.}$$

9) Суммарная площадь закручивающихся каналов:

$$\sum f_k = 1,075 \cdot \pi \cdot d_o^2. \quad (7)$$

$$\sum f_k = 1,075 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 84,4 \text{ мм}^2.$$

10) Угол наклона закручивающихся каналов:

$$\operatorname{lg} \alpha = 0,01 \cdot \beta \cdot \left( 5,3 \cdot \frac{d_o^2}{d_c^2} \right)^{0,58} + 0,32, \quad (8)$$

где  $\beta$  – корневой угол факела, град;

$d_o$  – диаметр центрального канала, мм;

$d_c$  – диаметр сопла, мм.

$$\operatorname{lg} \alpha = 0,01 \cdot 80 \cdot \left( 5,3 \cdot \frac{5^2}{7^2} \right)^{0,58} + 0,32 = 1,74.$$

$$\alpha = 55^\circ.$$

Так как угол наклона слишком велик, то для получения корневого угла факела в  $80^\circ$  достаточно выполнить каналы под углом в  $30^\circ$ . Примем  $\alpha = 30^\circ$ .

11) Размер закручивающихся каналов:

$$a = \left( \frac{\sum f_k}{n_k \cdot \cos \alpha} \right)^{0,5}, \quad (9)$$

где  $n_k$  – число каналов (принимается  $n_k = 4$ ).

$$a = \left( \frac{84,4}{4 \cdot \cos 55^\circ} \right)^{0,5} = 6 \text{ мм.}$$

Так как закручивающиеся периферийные каналы в патенте [5] выполнены в виде круглых отверстий, тогда  $d = a = 6$  мм.

Таким образом, в данной работе выполнен расчёт разработанной конструкции центробежно-струйной форсунки с регулирующим процессом распыления воды, что позволяет улучшить эффективность охлаждения воды, повысить надёжность работы форсунки при увеличении давления распыляемой воды.

Литература

1. Пономаренко, В. С. Градирни промышленных и энергетических предприятий : справ. пособие / В. С. Пономаренко, Ю. И. Арефьев ; под ред. В. С. Пономаренко. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 376 с.
2. Маринюк, Б. Т. Расчёт процесса вакуумно-испарительного охлаждения воды в безнасадочной градирне / Б. Т. Маринюк, С. В. Спритнюк // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. – № 3. – С. 26-27.
3. Пажи, Д. Г. Распылители жидкостей / Д. Г. Пажи, В. С. Галустов. – М.: Химия, 1979. – 216 с. : ил.
4. Галустов, В. С. Прямоточные распылительные аппараты в теплоэнергетике / В. С. Галустов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 240 с. : ил.
5. П. м. 145896 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/34. Центробежно-струйная форсунка / Н. С. Шибитов, Н. В. Шибитова, А. Б. Голованчиков, Д. Р. Александрин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – №2014116302/05 ; заяв. 22.04.14 ; опубл. 27.09.14, Бюл. № 27
6. Пажи, Д. Г. Основы техники распыливания жидкостей / Д. Г. Пажи, В. С. Галустов. – М.: Химия, 1984. – 256 с. : ил.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ ШВОВ**

С.А. Анцыперов *магистрант кафедры ПАХП, ВолгГТУ, Волгоград*

В.А. Панов *доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград*

В химическом, нефтехимическом машиностроении огромную роль играет такой технологический процесс, как термическая обработка изготавливаемых сосудов и аппаратов. Особое внимание уделяется сварным конструкциям, так как из-за наличия в сварных швах остаточных напряжений, возникших в ходе сварки, эти элементы могут отрицательно повлиять на работоспособность всего аппарата. Остаточные напряжения могут привести к деформации, разрушению или снижению коррозионной стойкости. Все сварные швы подвергаются термообработке, а так же дополнительному контролю.

Сегодня существует множество перспективных способов термической обработки аппаратов. Одним из наиболее современных и эффективных является метод внепечной объемной термообработки. Данный метод заключается в нагреве внутреннего объема аппарата продуктами сгорания жидкого или газообразного топлива при помощи специальных теплогенераторных устройств. Сохраняя все преимущества печной обработки, внепечная объемная термическая обработка может выполняться на объектах, где печная по каким-либо причинам не может быть проведена.

Известно немало методов неразрушающего контроля, применяющихся для исследования сварных швов, однако, на сегодняшний момент нет точного метода, определяющего факт проведения термической обработки и ее качество. Существует метод магнитной памяти металла, основанный на регистрации и анализе распределения собственных магнитных полей рассеяния, согласно которому можно качественно определить наличие и уровень остаточных напряжений.

Был проведен эксперимент, целью которого было опытным путем доказать возможность применения метода магнитной памяти металла для оценки, а как следствия – упрощения и повышения производительности проведения внепечной термообработки.

Были исследованы два образца, представляющие собой пластину со сварным швом, разделенную на две равные части перпендикулярно шву, одна из частей которой прошла термообработку. С помощью измерителя концентрации напряжений была получена картина распределения напряженности магнитного поля на поверхности металла образцов.

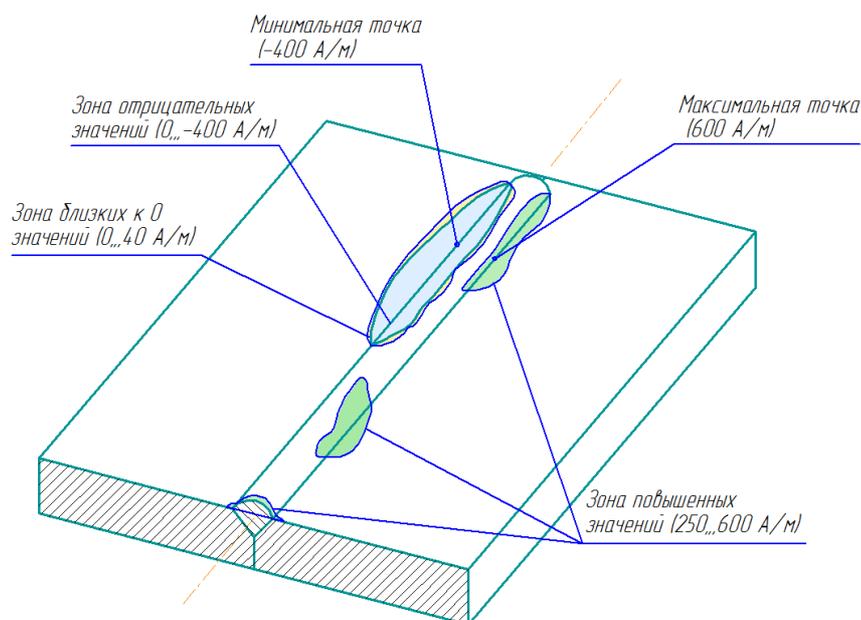


Рисунок 1 – Напряженность магнитного поля Нр образца до термообработки.

На рисунке 1 представлена схема распределения напряженности магнитного поля на поверхности металла. Анализ полученных данных проводился согласно методике, описанной в ГОСТ Р ИСО 24497-3-2009, следуя которой зонами скопления напряжений являются максимальная и минимальная точки, а так же линии, где напряженность меняет знак, то есть равна нулю.

На образце до термообработки, как видно из рисунка 1, имеются зоны повышенных напряжений, зоны отрицательных напряжений, а так же знакопеременные линии, где напряженность равна нулю, что свидетельствует о присутствии в сварном шве данного образца остаточных сварочных напряжений.

Присутствие на втором образце (рисунок 2) зоны концентрации напряжений на конце шва, на фоне стабильности напряженности по всей его длине, говорит о наличии в данном шве только дефекта сварочных работ.

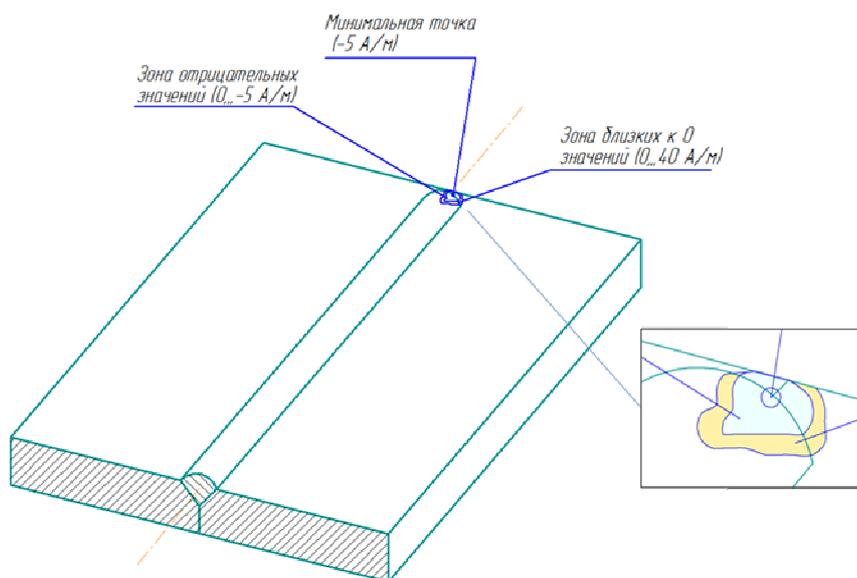


Рисунок 2 – Напряженность магнитного поля Нр образца после термообработки

Был произведен необходимый расчет. Для расчета было взято опасное сечение образца до термической обработки, как сечение с наибольшими остаточными напряжениями (рисунок 3).

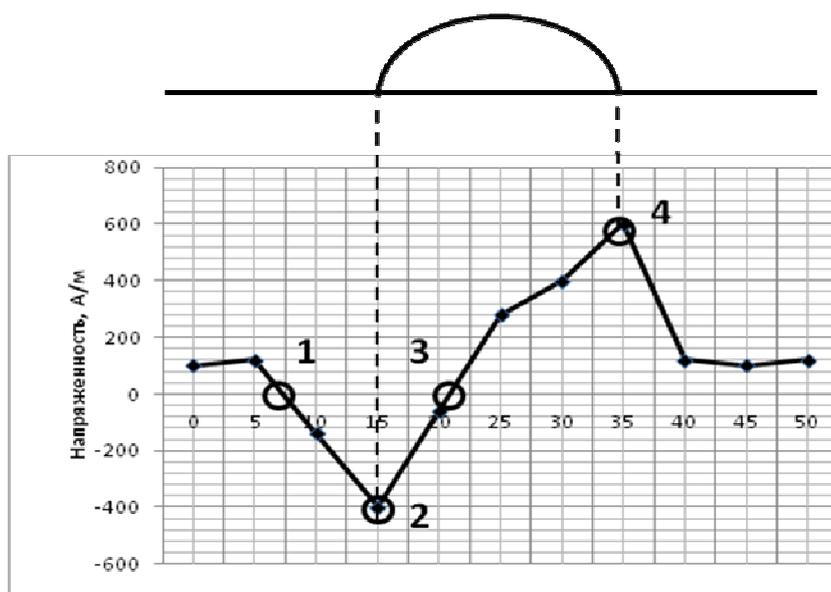


Рисунок 3 – Эпюра распределения напряженности магнитного поля по поперечному сечению шва в образце до термообработки

Для экстремальных точек и точек, где  $\Delta H_p = 0$ , были рассчитаны магнитные коэффициенты интенсивности остаточных напряжений:

$$K_{ин} = \Delta H_p / 2 \cdot l_k,$$

где  $\Delta H_p$  – разность значений напряженности в соседних точках;

$l_k$  – расстояние между соседними значениями, мм

В точке 3 (рисунок 3) данный коэффициент является максимальным и равен 14000  $A/m^2$ , тогда как в образце после термообработки максимальный коэффициент не превысил 1000  $A/m^2$ .

Таким образом, с помощью метода магнитной памяти металла возможен контроль сварных сосудов и аппаратов, проходящих термообработку, как на наличие дефектов, так и на снижение уровня остаточных сварочных напряжений в результате термической обработки.

#### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 24497-1-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 1. Термины и определения.
2. ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009. Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 2. Общие требования.
3. Дубов А.А. Экспресс-метод контроля сварочных напряжений // Сварочное производство, №11, 1996.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МАССООБМЕНА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ОЧИСТКИ НИТРОБЕНЗОЛА

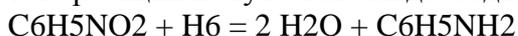
Беляков Е.В ВТМ-521, доцент Лапшина С.В, ВПИ (филиал) ВолгГТУ

**Анилин (фениламин)** — органическое соединение с формулой  $C_6H_5NH_2$ , простейший ароматический амин. Представляет собой бесцветную маслянистую жидкость с характерным запахом, немного тяжелее воды и плохо в ней растворим, хорошо растворяется в органических растворителях. На воздухе быстро окисляется и приобретает красную окраску. Ядовит.

В мире основная часть производимого анилина используется для производства метилдиизоцианатов, используемых затем для производства *полиуретанов*. Анилин также используется при производстве искусственных *каучуков*, *гербицидов* и *красителей*.

В России он в основном применяется в качестве полупродукта в производстве красителей, взрывчатых веществ и лекарственных средств (сульфаниламидные препараты).

Анилин получают из нитробензола путём восстановления водородом, в качестве редуцирующих веществ применяют разведенную соляную кислоту и железные опилки; в результате реакции получается амидосоединение:



**Нитробензол** —  $C_6H_5NO_2$  — кровавый яд, маслянистая жидкость сладковатого вкуса, с резким запахом горького миндаля, плохо растворимая в воде. Основное применение нитробензол находит в химической промышленности в качестве сырья в производстве такого крупнотоннажного продукта как анилин. Для производства анилина используют технический нитробензол, изготавливаемый из коксохимического нитробензола по ТУ 6 – 36 – 0204208 – 101 – 89. Указанный нитробензол содержит значительное количество органических сернистых примесей, нитрофенолов.

Общее содержание серы в таком нитробензоле достигает 0,03%, в том числе нитротиофенной серы – 0,004 – 0,008 %.

Вышеупомянутые примеси отрицательно влияют на протекание процесса гидрирования нитробензола в анилин, ухудшают работу катализатора и качество получаемых катализата и товарного анилина:

- органические соединения, содержащие серу, являются каталитическими ядами для катализаторов, приводят к отравлению последних и, в особенности, низкотемпературных медьсодержащих катализаторов. По рекомендациям иностранных фирм, для нормальной и продолжительной работы низкотемпературных медьсодержащих катализаторов в процессе получения анилина гидрированием нитробензола содержание серы в нитробензоле не должно превышать 0,0001 %. Для удаления сернистых примесей используют ректификацию.

На предприятии для очистки нитробензола от сернистых примесей используется тарельчатая колпачковая колонна, предлагаю заменить её на насадочную ректификационную колонну, что в свою очередь приведет к значительному улучшению характеристик данной колонны.

Выбираю в качестве контактных устройств в насадочную ректификационную колонну – регулярную насадку помпак

Технические характеристики:

- Удельная поверхность, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>: 280

- Удельный вес, кг/м<sup>3</sup>: 290

- Свободный объем, %: 96

- Удельное сопротивление, мм вод.ст./м: 70

Вывод: замена контактных устройств влечет за собой ряд изменений:

- Увеличение производительности колонны на 33%
- Уменьшение гидравлического сопротивления в 5 раз
- Уменьшение времени ремонтных работ

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРУЗИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ

Волжский Политехнический Институт(филиал) ВолгГТУ.

Студент: Бирюков А.Р. Научный руководитель: профессор Шаповалов В.М.

Одной из актуальных проблем, возникающих при переработке сырья экструдерами, является возникновение пузырьков, как следствие наличия в исходном сырье ненужных примесей. Для устранения данной проблемы существуют дегазирующие экструдеры или дегазирующие камеры. Работа дегазирующего экструдера или дегазационной камеры заключается в том, чтобы путем выпаривания отделить остаточные мономеры и растворитель от перерабатываемого материала. Такие машины применяют, как правило, для производства термопластических пластмасс. Целью процесса дегазации является получение полимеров с небольшим содержанием растворителя или мономера для обеспечения более высокого качества производимого сырья.

Гомогенизацию в процессе экструзии определяют как технологический процесс перемешивания сырья до состояния максимальной однородности с целью получения качественного конечного продукта. В процессе экструзии окончательная гомогенизация материала происходит к концу зоны дозирования расплава (выпрессовывания). Для обеспечения более эффективной гомогенизации материала на шнеках монтируют специальные устройства в виде шлицев, зубьев, кулачков, дисков и т.п. Такие типа экструдеров как планетарно-вальцевые оснащаются системой дополнительных шнеков, которые вращаются вокруг центрального шпинделя.

Многошнековые экструдеры не получили широкого применения в процессе производства. К данному типу машин относятся планетарная и четырехшнековаяэкструзионная машина. Планетарная машина оснащена червячной системой, которая состоит из одного центрального червяка и шести дополнительных шнеков, которые располагаются на равном радиальном расстоянии вокруг одного основного. Данная конструкция хорошо зарекомендовала себя при переработке сырья склонного к быстрой термической деструкции (на пример композиции ПВХ).

Для производства труб с гладкой поверхностью из полиолефинов особенно эффективны одношнековые экструдеры со шнеками, снабженными канавками во входной зоне, имеющими переменную, специально оптимизированную форму сечения.

В целях повышения износостойкости шнеки одношнековых экструдеров, как правило, азотируют, а витки в зоне загрузки гранулята ПМ выполняют с покрытием из твердых металлов.

Другим способом снижения затрат на сырье является уже упомянутое применение наполнителей. Наполнитель в современных рецептурах композиций используется в дозировках до 50 % масс. Наиболее часто в качестве наполнителей применяются такие материалы, как мел, тальк, сульфат бария, стекловолокно. При этом остается в силе необходимость соблюдения всех норм, предписанных для конечного изделия – трубы, или же создание нового стандарта с принятием на себя всех соответствующих дорогостоящих процедур.

Список литературы:

1. Рябинин Д. Д., Ю. Е. Лукач - Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. - Учебное пособие для студентов - М.: Машиностроение, 1965.
2. Бекин Н. Г., Шанин Н. Л. - Оборудование заводов резиновой промышленности: Учеб.пособие для вузов. - Изд. - 2-е, перераб. и доп. -Л.: Химия, 1978 - 400с., ил.

## АБСОРБЕР С КОМБИНИРОВАННОЙ НАСАДКОЙ

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор кафедры ПАХП; А.А. Шагарова, к.т.н.,  
доц. кафедры ПАХП; А.Ф. Бугаева, студент  
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

Насадочные абсорберы из-за простоты конструкции и надежности в работе нашли широкое применение в различных отраслях промышленности.

В качестве насадки используются тела различной формы, но самое большое распространение получила кольцевая насадка (кольца Рашига) [1] – тонкостенные кольца, наружный диаметр которых равен высоте кольца. Стенку кольца делают как можно тоньше, насколько допускают требования к механической прочности. Чем меньше размеры колец, тем больше их удельная поверхность.

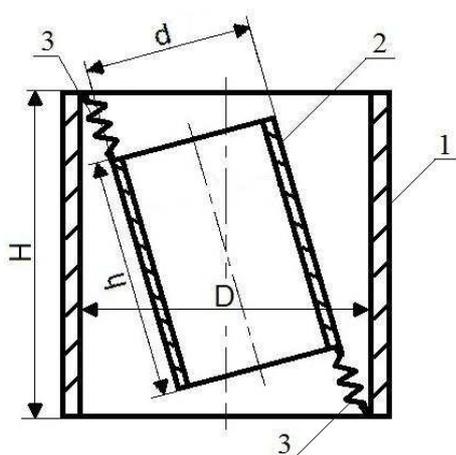
Регулярные (правильно уложенные насадки) обладают по сравнению с насадками, засыпанными навалом, более низким гидравлическим сопротивлением и меньшей чувствительностью к загрязнению. Однако, вследствие значительно меньшей удельной поверхности крупной насадки существенно увеличивается высота насадочной части аппарата. Например, удельная поверхность керамических колец 100x100x10 мм составляет 44 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, а для колец размером 25x25x3 мм - 204 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Вследствие оттока жидкости на стенки корпуса при загрузке в аппарат колец навалом появляются участки насадки, плохо смачиваемой жидкостью.

Неравномерное распределение жидкости является одной из основных найденных на практике причин снижения эффективности разделения в насадочных абсорберах.

Рекомендуется способ интенсификации массообменных процессов в насадочных аппаратах путем заполнения колонны комбинированной насадкой. В кольца диаметром 75÷200 мм, укладываемые на опорную решетку правильными рядами, засыпается навалом мелкая насадка (например, кольца Рашига диаметром 15÷35 мм или другие тела, имеющие большую удельную поверхность и большой свободный объем). Таким образом устраняется отток орошающей жидкости из центрального объема колонны на стенки корпуса колонны, достигается практически полное и равномерное смачивание всей поверхности насадки жидкостью, коэффициент смоченности насадки и доля активной поверхности насадки приближается к единице. Практически вся загруженная в колонну насадка становится активной, участвующей в процессах массообмена между газовой и жидкой фазой. Это позволяет существенно снизить высоту слоя загружаемой в колонну насадки [2].

Авторами изобретения [3] разработана конструкция комбинированной насадки, выполненная в виде расположенных одно внутри другого и соединенных тел вращения имеющих форму цилиндрических поверхностей, внутреннее тело вращения расположено на расстоянии от наружного тела вращения, при этом тела вращения выполнены в виде колец Рашига и соединены на торцевых частях посредством не менее двух пружин (рисунок 1).



1, 2 – соответственно наружное и внутреннее кольца; 3 – пружины;  
Рисунок 1 - Комбинированная насадка

Насадка для тепло- и массообменных процессов работает следующим образом. Насадка засыпается внавал или устанавливается в ряды внутри аппарата. Сверху насадка орошается жидкостью, а снизу подается газ. Под действием потока газа каждое внутреннее кольцо 2 совершает колебания, которые передаются стекающей по нему пленки жидкости, тем самым увеличивая скорость ее течения по насадке и поверхность. Это обстоятельство приводит к интенсификации тепло- и массообмена на границе раздела фаз газа и жидкости и к увеличению производительности тепло- и массообменных процессов в целом.

Очевидно, что коэффициент смоченности комбинированной насадки будет приближаться к единице, вся насадка будет активно участвовать в массообменных процессах, что позволит сократить объем загружаемых в колонну насадочных тел.

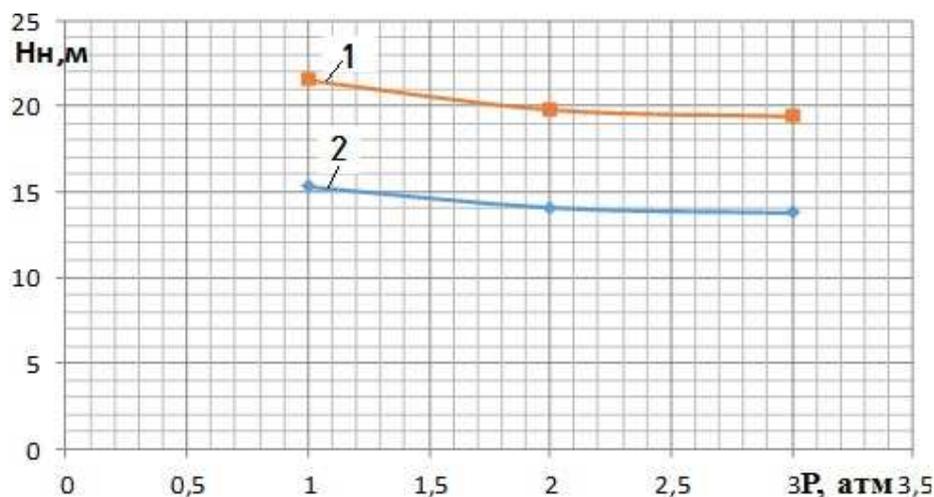
Представляет интерес провести сравнительный анализ эффективности процесса абсорбции в насадочном аппарате с насыпной насадкой (кольца Рашига) и разработанной комбинированной насадкой.

Для теоретических исследований влияния типа насадки на параметры процесса и геометрические параметры аппарата разработана программа в Microsoft Excel для расчета насадочного абсорбера.

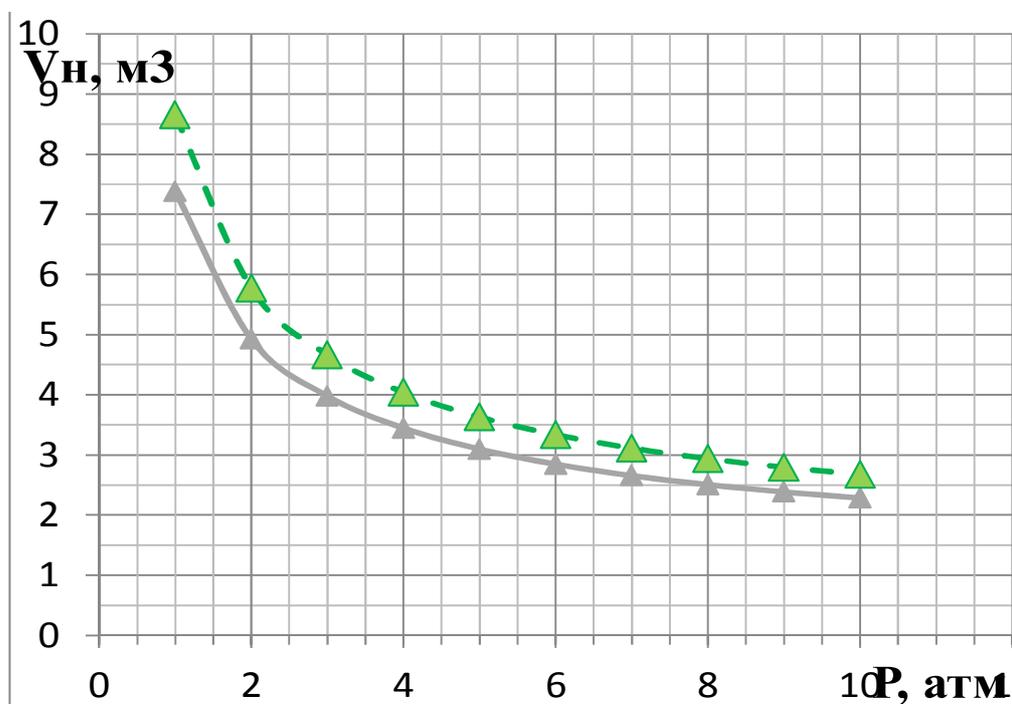
Сравнение проводилось для двух типов насадки: насыпная насадка - кольца Рашига стальные 50x50x1 ( $\epsilon=0,95$ ;  $S=110 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ); комбинированная насадка: наружный цилиндр - 50x50x1, внутренний цилиндр 25x25x0,8.

Предварительно определялись параметры комбинированной насадки: порозность  $\epsilon=0,936$ ; удельная поверхность  $S=137,3 \text{ м}^2/\text{м}^3$ .

Результаты расчетов представлены на рисунках 2 и 3.



1 - кольца Рашига 50; 2 – комбинированная насадка  
 Рисунок 2 – График зависимости высоты насадки от давления в колонне



штрихпунктирная линия - кольца Рашига 50;  
 сплошная линия – комбинированная насадка  
 Рисунок 3 – График зависимости объема насадки от давления в колонне

Анализ результатов расчета показывает, что при использовании комбинированной насадки объем насадки в колонне уменьшается на 17%, а общая высота насадки в колонне снижается в среднем на 40%.

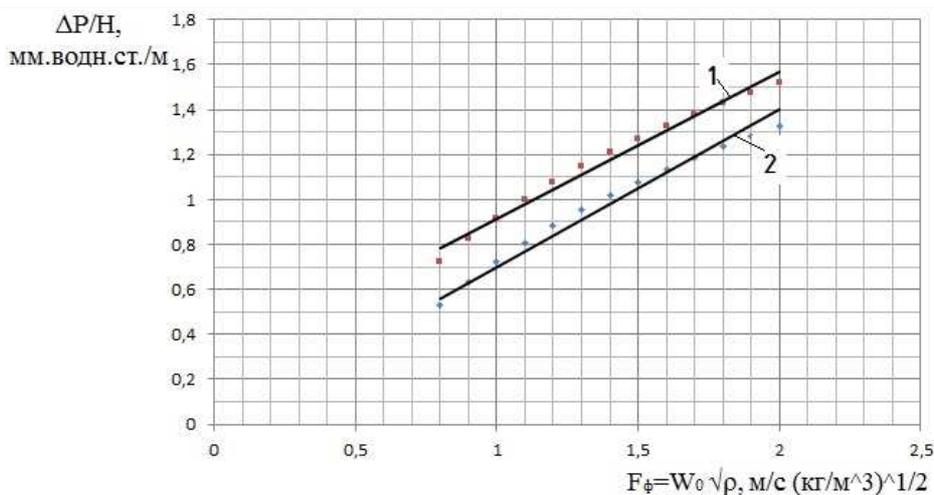
Для расчета гидравлического сопротивления насадки воспользовались универсальной зависимостью, позволяющей производить сравнительную экспресс-оценку новых и известных промышленных насадок на основании значения  $S$  без проведения каких-либо экспериментов и привлечения опытных данных [4].

Расчет производился на основании формулы:

$$\Delta P = 4,4 \cdot 10^{-4} \cdot S^2 \cdot W_0^2 \cdot \gamma,$$

где  $\Delta P$ - гидравлическое сопротивление, мм вод. ст.;

S- удельная поверхность насадки,  $\text{м}^2/\text{м}^3$ ;  
 $W_0$ - фиктивная скорость газа,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
 $\gamma$ - удельный вес газа,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .



1 – комбинированная насадка; 2 - кольца Рашига 50

Рисунок 2 – График зависимости гидравлического сопротивления насадки от фактора скорости

Проведенные расчеты показывают, что в сравнении со стандартной насадкой гидравлическое сопротивление комбинированной насадки на 13 % больше. Сопоставительные исследования процесса абсорбции в аппарате с кольцами Рашига и комбинированной насадкой показали явные преимущества аппарата с комбинированной насадкой, использование которой повышает эффективность массообменного процесса и позволяет сократить размеры колонных аппаратов при небольшом росте гидравлического сопротивления.

#### Литература

1. Рамм, В.М. Абсорбция газов; изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 656с.
2. Инюшкин, Н.В. Скрубберы с комбинированной насадкой / Н.В Инюшкин и др. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2013. № 3. С. 28-30.
3. П.м 148733 РФ, МПК В01J19/00 Насадка для тепло- массообменных процессов/ Голованчиков А.Б. и др.; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО ВолгГТУ; опубл.10.12.2014
4. Каган, А.М. Гидравлическое сопротивление и удельная поверхность нерегулярных насадок / А.М. Каган и др. // Химическая промышленность. 2008. № 3. С. 147-152.

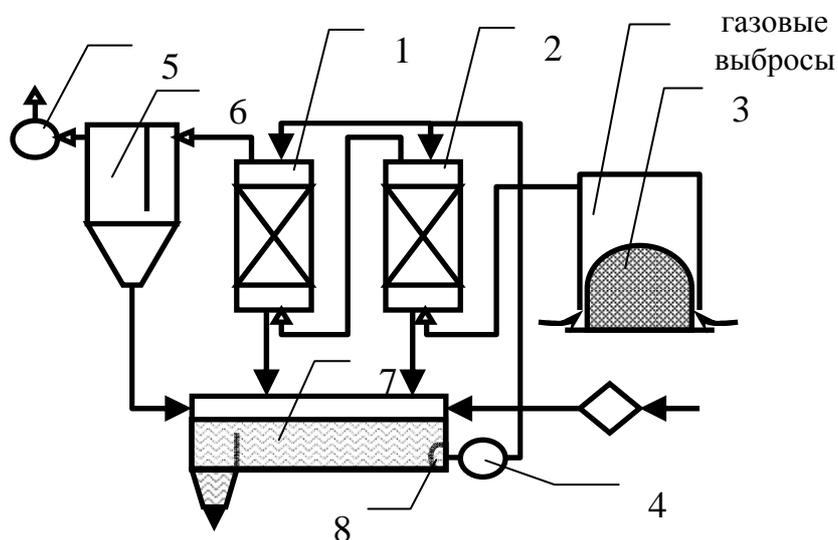
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ В НАСАДОЧНЫХ ХЕМОСОРБЕРАХ

О.А. Тишин, Е.В. Климова, Е.Ю. Силаева

В производстве карбида кремния в печах сопротивления улавливание и очистка пылегазовых выбросов представляет одну из трудноразрешимых задач. Связано это с незначительным содержанием вредных веществ и высокой температурой газов. До сих пор не найдено простое и эффективное решение этой проблемы.

В окружающую среду выделяется CO, в основном догорающего на поверхности колошника до CO<sub>2</sub> (1.5 % объемн.), соединений серы SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S (0.5 % объемн.) и пылевидных веществ (50 мг/м<sup>3</sup>), достигающих 40±60 кг на 1 т товарного продукта SiC.

Так как содержание вредных веществ незначительное, то для очистки газовых выбросов предлагается использовать хемосорбцию. В этом случае наиболее подходящими считаются насадочные и тарельчатые колонны. В разработанной системе обезвреживания газовых выбросов (см. рисунок 1) будут использоваться насадочные абсорберы.



- 1, 2 – насадочный абсорбер; 3 – печь; 4, 5 – насос; 6 – инерционный каплеотбойник; 7 – емкость с абсорбентом; 8 – фильтр

Рисунок 1 – Система обезвреживания газовых выбросов производства карбида кремния

В нижнюю часть абсорбционной колонны подаются газовые выбросы, в верхнюю часть колонны – водный раствор NaOH. Газовые примеси абсорбируются водой и в жидкой фазе реагирует с гидроксидом натрия образуя соль и воду. Из нижней части колонны отводят водный раствор NaOH и соли, из верхней – отчищенный воздух.

Качество работы хемосорбера зависит от температуры. Таким образом, необходимо оценить, как будут поглощаться компоненты газовой смеси в зависимости от температуры и определить конструктивные параметры хемосорбера по условиям работы в летний (июль) и зимний (январь) периоды (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Суточные колебания температуры

Месяц	Диапазон температур
июле 2014	+15 °С до +32 °С
январе 2014	от +3 °С до -20 °С

Инструментом исследования была математическая модель хемосорбера, представляющую собой систему дифференциальных уравнений изменения концентрации поглощаемого компонента в газовой фазе, изменения концентрации реагента в жидкой фазе, дополненную расчетом равновесной концентрации поглощаемого вещества в жидкой фазе, местным коэффициентом ускорения процесса сорбции и расчетом физических характеристик сред [1, 2].

При моделировании приняты следующие допущения: обе фазы (жидкая и газообразная) движутся в режиме идеального вытеснения, насадка хорошо смачивается во всем объеме; воздух распределяется равномерно по всему объему слоя насадки. Скорость движения жидкой фазы определялась из условия смачивания всей поверхности насадки (коэффициент смачиваемости насадки равен единице).

По результатам компьютерных экспериментов, в которых использовались разные насадки, были выбраны для дальнейшего исследования кольца Палля 50 мм, так как гидравлическое сопротивление насадки мало и процесс массообмена протекает интенсивно.

На рисунке 2 представлены результаты расчета хемосорбера диаметром 3.2 м, расходом газовых выбросов  $5 \text{ м}^3/\text{с}$  и начальной концентрацией NaOH 7.2 % масс.

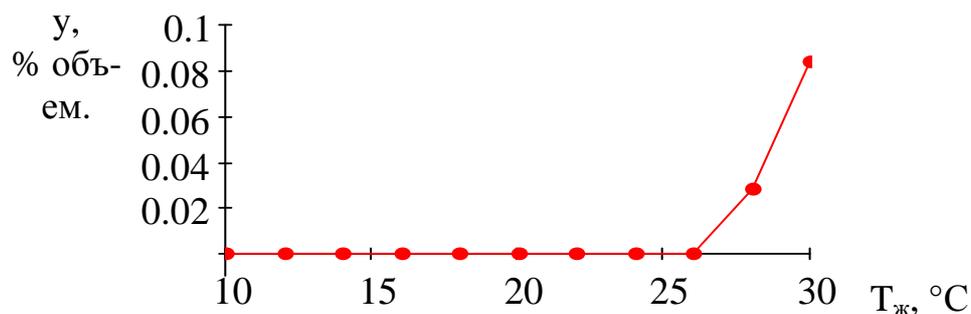


Рисунок 2 – Влияние температуры на содержание загрязняющих веществ на выходе из хемосорбера

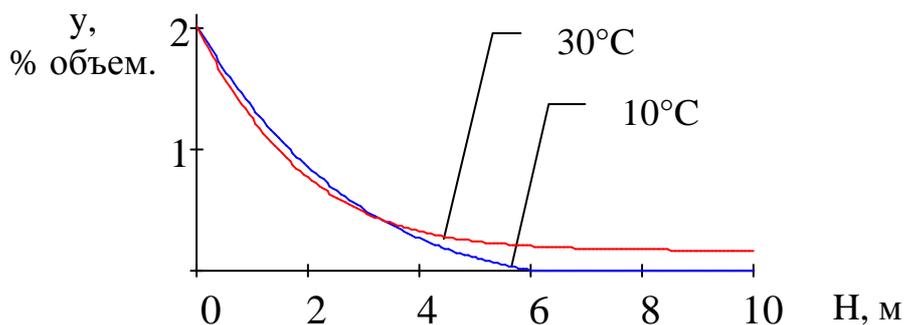


Рисунок 3 – Изменение содержания загрязняющих веществ на выходе из хемосорбера по высоте насадочного слоя

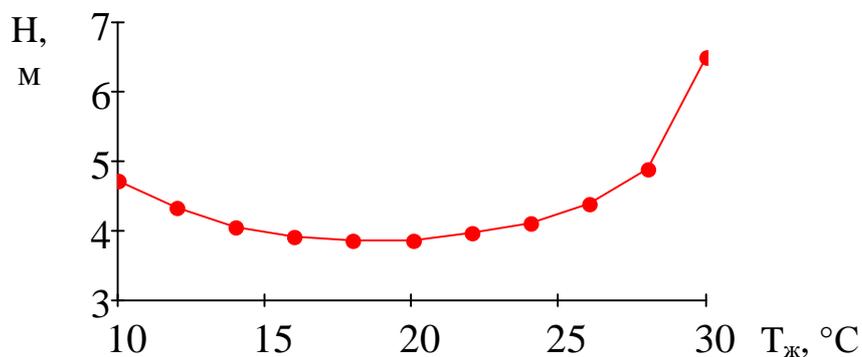


Рисунок 4 – Влияние температуры на высоту насадочного слоя, необходимую для полного поглощения примесей

При начальной концентрации реагента в абсорбенте ниже 7.2 % масс. появляется проскок загрязняющих веществ в независимости от конструкции аппарата. Изменение

температуры окружающей среды (диапазон рассмотренных температур 10..30 °С) существенно влияет на высоту насадочного слоя достаточного для очистки от примесей (см. рисунок 3, 4).

Таким образом, процесс хемосорбции должен протекать в температурном диапазоне 15÷30 °С, для обеспечения этих условий необходимо предварительно охлаждать газовые выбросы производства карбида кремния и тщательно следить за температурой на входе в хемосорбер.

При расходе очищаемых газов 5 м<sup>3</sup>/с рекомендуется использовать абсорбер d=3.2 м, H=7 м в качестве насадки – кольца Палля 50 мм.

#### Список литературы

- 1) Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
- 2) Рамм В.М. Абсорбция газов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 656 с.

### КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.М. Волчков доцент кафедры Прикладной математики ВолгГТУ г. Волгоград  
Н.В. Шибитова доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
Д.А. Горковенко студент группы ХТ-343 ВолгГТУ г. Волгоград  
В.В. Гудименко студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

В настоящее время существует достаточно большое количество компьютерных пакетов моделирования процессов химической технологии [1]. Условно их можно подразделить на две большие категории:

- моделирование физических процессов;
- моделирование процессов и отдельных аппаратов.

Первая группа пакетов основана на решении полных уравнений тепло- и массопереноса с целью получения детального распределения полей температур скоростей и концентраций веществ. Вторая группа пакетов предназначена для численного моделирования процессов в целом, включающих несколько рабочих аппаратов.

Пакеты второй группы основываются на хорошо проверенных полуэмпирических методиках, дающих возможность численно проанализировать всю совокупность рабочих аппаратов, обеспечивающих выполнение целого процесса (например, работу стадии ректификации бензилового спирта).

В первой группе можно выделить такие универсальные пакеты как ANSYS, который включает в себя мощные модули анализа тепло- массопереноса, как Fluent и CFX [2].

Ко второй группе относятся, прежде всего, такие пакеты как Aspen One (с достаточно большим количеством модулей), PRO II [3] и ChemCad [4] с универсальными функциями, позволяющими моделировать разнообразные технологические процессы.

На рисунке 1 показан пример расчетной схемы, сделанной в программе Aspen HYSYS.

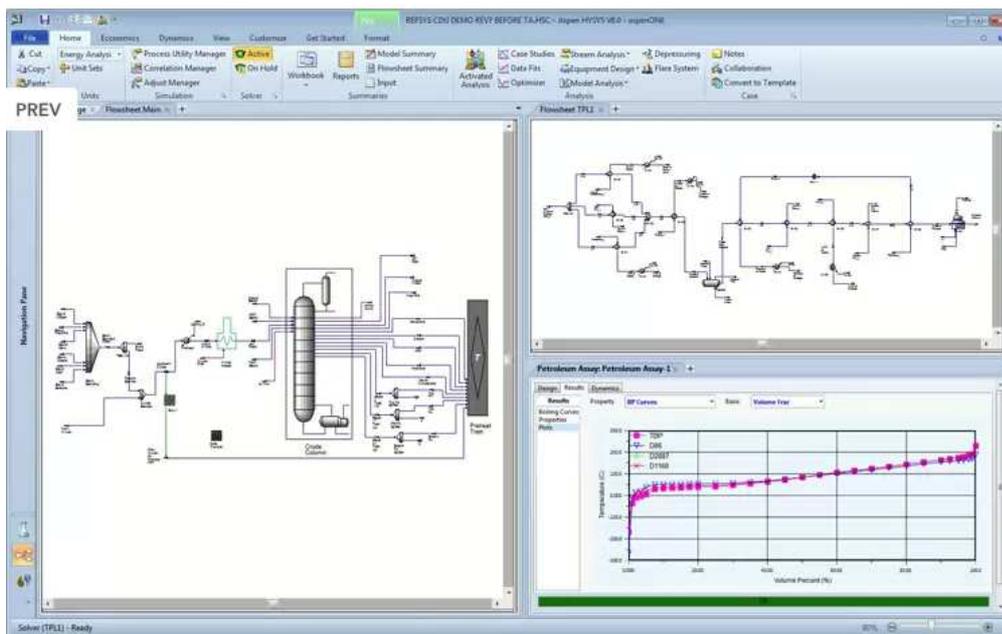


Рисунок 1. Фрагменты моделирования технологических схем в Aspen HYSYS [5]

Параллельно с такими универсальными программами существуют пакеты специализированного назначения, предназначенные для моделирования узкого класса процессов. Среди них можно упомянуть пакет SulSim, который имеет ограниченный набор аппаратов, предназначенных для моделирования процессов обработки серосодержащих веществ (рисунок 2).

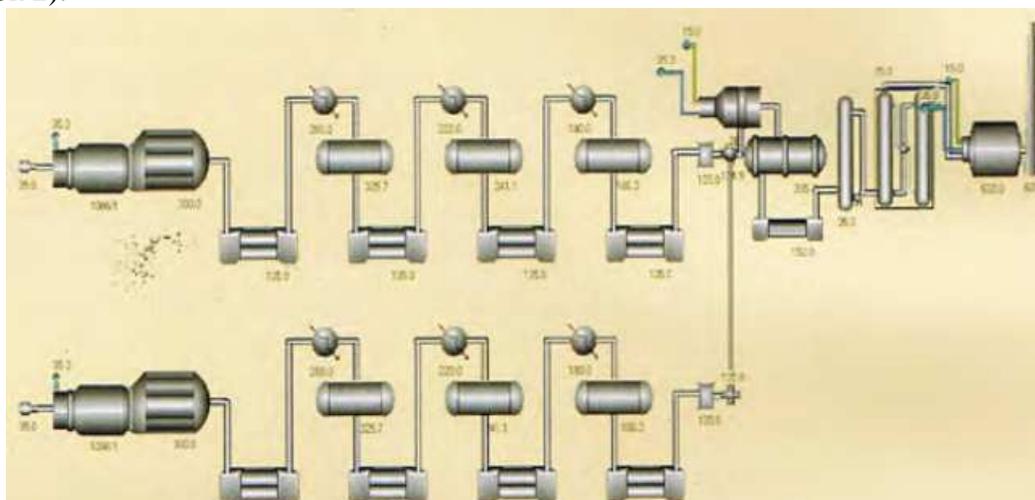


Рисунок 2. Фрагмент схемы процесса в пакете SulSim [6]

Помимо задач моделирования процессов общего характера имеется ряд вспомогательных задач, с которыми непрерывно приходится сталкиваться проектировщику. К таким задачам можно отнести расчет трубопроводов и газопроводов. В этом плане могут возникать как задачи чисто гидравлического расчета трубопроводов, так и задачи расчета в них напряжений и деформаций.

Как отмечалось выше, большинство из указанных пакетов относятся к коммерческим пакетам и требуют специальных лицензий для их использования. Однако в учебном процессе использование этих пакетов затруднительно из-за их высокой стоимости. Многие реальные задачи, на которых можно учить студентов, могут быть решены с помощью

относительно дешевых (а зачастую бесплатных) программных пакетов, которые работают по тому же принципу, что и коммерческие пакеты типа AspenOne, Pro-II, ChemCad.

Это свободно распространяемые пакеты так называемого открытого интерфейса (CAPE Open). Среди них можно выделить DWSIM [7], Chemsep [8] и COCO [9].

Для этих программ характерно наличие ограниченной базы данных веществ. Это не позволяет с их помощью непосредственно моделировать сложные процессы, но общие принципы моделирования в них такие же, как и в больших коммерческих пакетах. Кроме того, они, как правило, допускают расширение базы данных веществ, используя доступные в интернете банки данных, такие как NIST и DIPR.

Следует, безусловно, упомянуть группу пакетов отечественной фирмы CISP (ChemInform SaintPeterburg), часть из которых (до некоторой определенной версии) находится в свободном доступе [10].

В настоящее время разрабатываются лабораторные работы по курсу «Компьютерные технологии химических производств» с применением программ DWSIM, Chemsep и COCO. Использование программ такого уровня в учебном процессе позволит развить у студентов навыки компьютерного моделирования процессов химической технологии.

## Литература

1. Жуков Б.А. Информационные технологии в процессе обучения в техническом вузе : монография / Б.А. Жуков, В.М. Волчков, И.Э. Симонова [и др.] ; под общей редакцией Б.А. Жукова. ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 76 с.
2. Simulation Technology [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Fluid+Dynamics/Fluid+Dynamics+Products>.
3. Программные продукты компании SimSci [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.ect-service.ru/invest/consult/simsci/pro/>.
4. Try CHEMCAD for Free [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.chemstations.com/Products/>.
5. Optimize Hydrocarbon Processes [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.Aspentech.com/products/Aspen-hysys.asp>.
6. Processes Engineering Services [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.Sulphurexperts/Sulphureperts/EngineeringStudies/ProcessSimulationStudies.asp>.
7. DWSIM - Open Source Process Simulator [Электронный ресурс]. - Режим доступа : [http://dwsim.inforside.com.br/wiki/index.php?title=Main\\_Page](http://dwsim.inforside.com.br/wiki/index.php?title=Main_Page)
8. CHEMSEP - Modeling Separation Processes [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.chemsep.com/>.
9. Cafe Open to Cafe Open Simulation Environment [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.cocosimulator.org/>.
10. CISP - Каталог химических ресурсов [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.chemport.ru/?cid=22>.

## ВЛИЯНИЕ ОРЕБРЕНИЯ ТРУБОК ТРУБНОГО ПУЧКА НА ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

С.Б. Воротнева, ассистент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

Б.А. Дулькин, студент национального исследовательского университета Московского энергетического института, г. Москва

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

Д.Р. Коломиец, студент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

С.Р. Коломиец, студент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

С ростом энергетических мощностей и объемов производства все более увеличиваются масса и габариты применяемых теплообменных аппаратов. Одним из перспективных направлений в решении данной проблемы является оребрение трубок трубного пучка, что позволяет уменьшить массу и габариты теплообменника при сохранении эффективности теплопередачи. При естественной конвекции ребра делают поперечными как на батареях отопления. При средних и высоких скоростях продольного обтекания трубок, которое имеет место в кожухотрубных теплообменниках, устанавливают продольные ребра, которые внутри трубок могут служить ещё и турбулизаторами потока, особенно если они имеют винтообразную форму [1-3].

Целью работы является разработка специального типа оребрения для кожухотрубного теплообменника и сравнение эффективности работы кожухотрубного теплообменника с обычными и оребренными трубками в трубном пучке.

Предлагается для оребрения наружной и внутренней поверхности трубок устанавливать съемные гильзы, ребра которых формируются из боковой поверхности этих гильз и отогнуты либо наружу для установки на внешней поверхности трубок; либо внутрь при оребрении внутренней поверхности.

Если снаружи имеет место поперечное обтекание трубок воздухом или водой, то вырезаются и отгибаются поперечные ребра. В кожухотрубных теплообменниках при продольном обтекании трубок и продольном движении теплоносителя внутри трубок ребра должны иметь продольную или винтообразную направленность. Для упрощения монтажа и демонтажа гильз в них делается продольная прорезь, а сами гильзы имеют длину от 200 до 500 мм и образуют на всей поверхности трубок секции [4-6] (рис. 1).

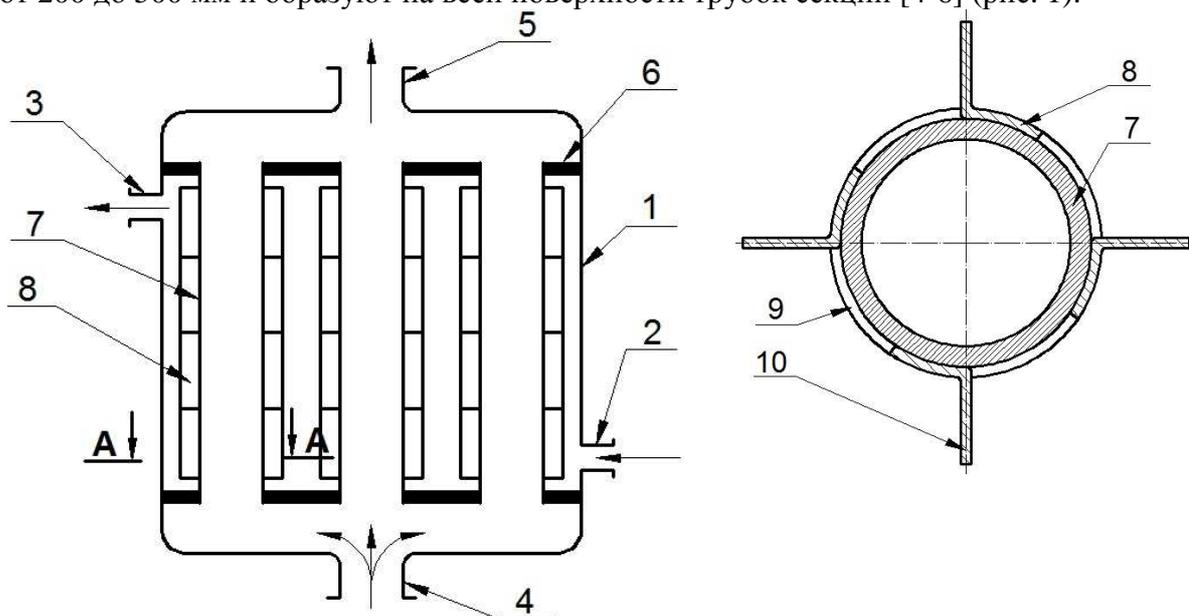


Рис. 1. Схема кожухотрубного теплообменника с гильзой, установленной на каждой наружной поверхности трубки и с ребрами, выполненными из боковой поверхности гильзы и отогнутыми наружу:

1 – кожух; 2, 3, 4, 5 – патрубki; 6 – трубная решетка; 7 – цилиндрические трубки; 8 – гильза; 9 – продольная прорезь; 10 – ребра

На рис. 2 представлены виды гильзы с продольными внутренними (а) и наружными (б) ребрами.

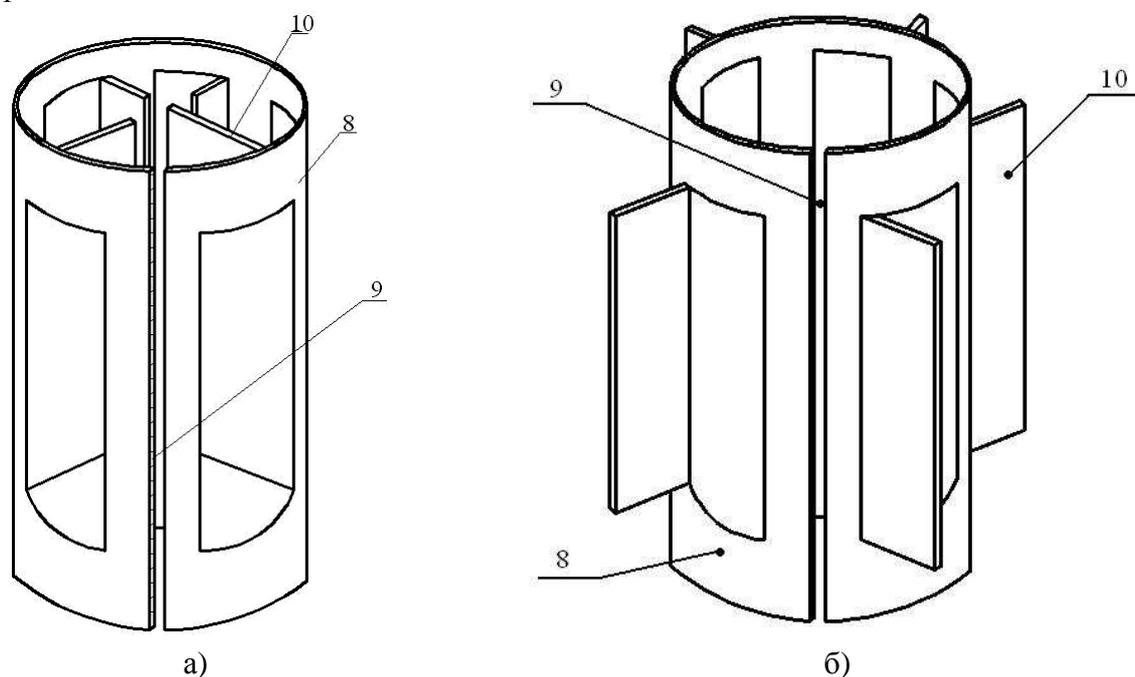


Рис. 2. Вид гильзы с продольной прорезью и продольными ребрами в аксонометрии: а) гильза с продольными внутренними ребрами; б) гильза с продольными наружными ребрами; 8 – гильза; 9 – продольная прорезь; 10 – ребра

Проведены расчеты типового неоребренного и оребренного кожухотрубного теплообменника для нагревания воды дымовыми газами.

Результаты расчетов типового кожухотрубного теплообменника с неоребренными трубками показали, что лимитирующей стадией теплопереноса является теплоотдача от дымовых газов к стенке трубок, причем коэффициенты теплоотдачи разнятся более чем в 100 раз, хотя число Рейнольдса для газов в 60 раз больше, чем для воды. Это превышение практически нивелируется при переходе от числа Нуссельта к коэффициенту теплоотдачи в 25 раз меньшим коэффициентом теплопроводности у газов по сравнению с водой

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_s}$$

Поэтому можно предположить, что оребрение, приводящее к увеличению поверхности теплоотдачи, будет значительно целесообразней для внешней поверхности трубок.

При оребрении каждой трубки трубного пучка ребрами с высотой каждого  $h_p = 15 \text{ мм}$ , приводящем к увеличению наружной поверхности трубок в 1,54 раза, необходимое число трубок снижается более чем в 2 раза: со 183 шт. до 85 шт. Оребрение обеих теплопередающих поверхностей (наружной и внутренней) практически никакого преимущества по сравнению с оребрением только наружной поверхности не дает – уменьшает число трубок на 3 шт. со 85 шт. до 82 шт. То же самое можно сказать об оребрении только внутренней поверхности трубок. По сравнению с обычным кожухотрубным теплообменником число трубок снижается с 183 шт. до 180 шт., то есть практически не меняется.

Кроме того, уменьшение числа трубок при оребрении их внешней теплопередающей поверхности приводит к уменьшению диаметра кожуха на 30%, то есть уменьшает металлоемкость и стоимость теплообменника.

Литература:

1. Калинин, Э. К. Закономерность изменения теплоотдачи на стенках каналов с дискретной турбулизацией потока при вынужденной конвекции / Э. К. Калинин [и др.]. // Диплом на научное открытие №242 СССР. – М.–1981. № 35.
2. Дрейцер, Г. А. Проблемы создания компактных трубчатых теплообменных аппаратов // Теплоэнергетика . 1995. №3. С.11-18.
3. Калинин, Э. К. Эффективные поверхности теплообмена // Э. К. Калинин, Г. А. Дрейцер, И. З. Копп [и др.]. – М.: Энергоатомиздат. 1998. 400 с.
4. П. м. 124187 Российская Федерация, МПК В 01 J 8/00. Кожухотрубный реактор / А. Б. Голованчиков, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова, С. В. Кляузов, К. С. Марковская; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – № 2012120941/05; заявл. 22.05.12; опубл. 20.01.13.
5. Голованчиков, А.Б. Снижение пиковых температур в политропных трубчатых реакторах / Голованчиков А.Б., Дулькина Н.А., Аристова Ю.В. // Химическая промышленность. – 2012. – Т. 89, № 4. – С. 181-185.
6. П. м. 114425 Российская Федерация, МПК В 01 J 8/00. Кожухотрубный реактор / А. Б. Голованчиков, Н. А. Дулькина, Ю. В. Аристова, С. А. Фоменков, К. С. Марковская; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – № 2011140682/05; заявл. 06.10.11; опубл. 27.03.12.

## ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ КАТИОНОВ $Na^+$ В ИОНООБМЕННОМ АППАРАТЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

проф.А.Б. Голованчиков, доц.О.А. Залипаева,  
асп.А.А.Коберник, маг.А. Хилдаяти  
*Волгоградский государственный технический университет*

Экспериментальные исследования, связанные со снятием кривых отклика по жидкой фазе в массообменных аппаратах непрерывного действия с противоточным движением обеих фаз показывают, что структура потока по жидкой фазе далека от идеального вытеснения, так и от идеального смешения. Для расчета химических реакторов широко используется диффузионная модель структуры потоков, позволяющая по значению дисперсии кривой отклика

$$\sigma^2 = \frac{2}{Pe} - \frac{2}{Pe^2} [1 - \exp(-Pe)] \quad (1)$$

определять число Пекле продольной диффузии  $Pe$  и, подставляя его значение в математическую модель химического реактора с диффузионной структурой потока, рассчитывать степень конверсии реагирующего компонента, значение которой лежит между степенями конверсии реактора идеального смешения и реактора идеального вытеснения [1,2].

Рассмотрим физическую модель процесса очистки воды от катионов  $Na^+$  в ионообменном аппарате с непрерывным противоточным движением фаз: дисперсной - слоя ионита, движущегося сверху вниз в режиме идеального вытеснения, и сплошной очищаемой жидкости, движущейся снизу вверх с диффузионной структурой потока (рис.1). Материальный баланс по извлекаемому компоненту для рассматриваемого объема слоя ионита высотой  $dz$  имеет вид :

$$\vartheta SC + \vartheta_{\text{д}} S = \vartheta S \left( C + \frac{dc}{dz} dz \right) + S \left( \vartheta_{\text{д}} + \frac{d\vartheta_{\text{д}}}{dz} dz \right) + k_v S dz (C - C^*).$$

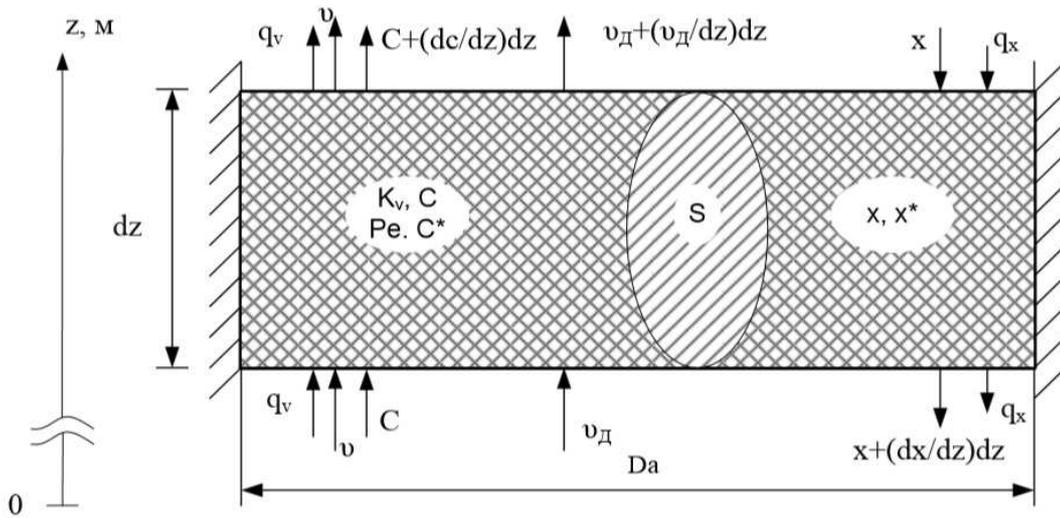


Рис.1. Схема изменения концентраций  $C$  извлекаемых катионов  $Na^+$  из очищаемой воды, скорости ее продольной диффузии  $v_{\text{д}}$  и концентрации  $x$  извлекаемого компонента в ионите на элементе высоты колонны  $dz$  с диффузионной структурой потока по жидкой фазе и идеальным вытеснением по иониту

В левой части уравнения приход с жидкой фазой извлекаемого компонента в единицу времени за счет конвекции со скоростью  $v$  и продольной диффузии со скоростью  $v_{\text{д}}$ , а в правой части уход извлекаемого компонента из жидкой фазы за счет конвекции, продольной диффузии и массопередачи из жидкой фазы в гранулы ионита.

Продольную диффузию по аналогии с первым законом Фика для молекулярной диффузии можно описывать уравнением

$$\vartheta_{\text{д}} = -D_l \frac{dC}{dz}, \quad (2)$$

Уравнение материального баланса с учетом уравнения (2) преобразуется к виду

$$D_l \frac{d^2 c}{dz^2} = \vartheta \frac{dc}{dz} + k_v (C - C^*)$$

Переведем параметры последнего уравнения в безразмерный вид, обозначив

$$dh = \frac{dz}{H}, \quad c = \frac{C}{C_0},$$

получаем расчетное дифференциальное уравнение II порядка

$$\frac{d^2 c}{dh^2} = Pe \frac{dc}{dh} + k_v \tau_c Pe (c - c^*) \quad (3)$$

где  $\tau_c = \frac{H}{\vartheta}$  – среднее время пребывания очищаемой воды в ионите, с,

$k_v$  – объемный коэффициент массопередачи,  $1/\text{с}$ ,  
с граничными условиями диффузионной модели

$$h = 0, \quad 1 = c_H - \frac{1}{Pe} \left( \frac{dc}{dh} \right), \quad \left. \vphantom{h = 0} \right\} \quad (4)$$

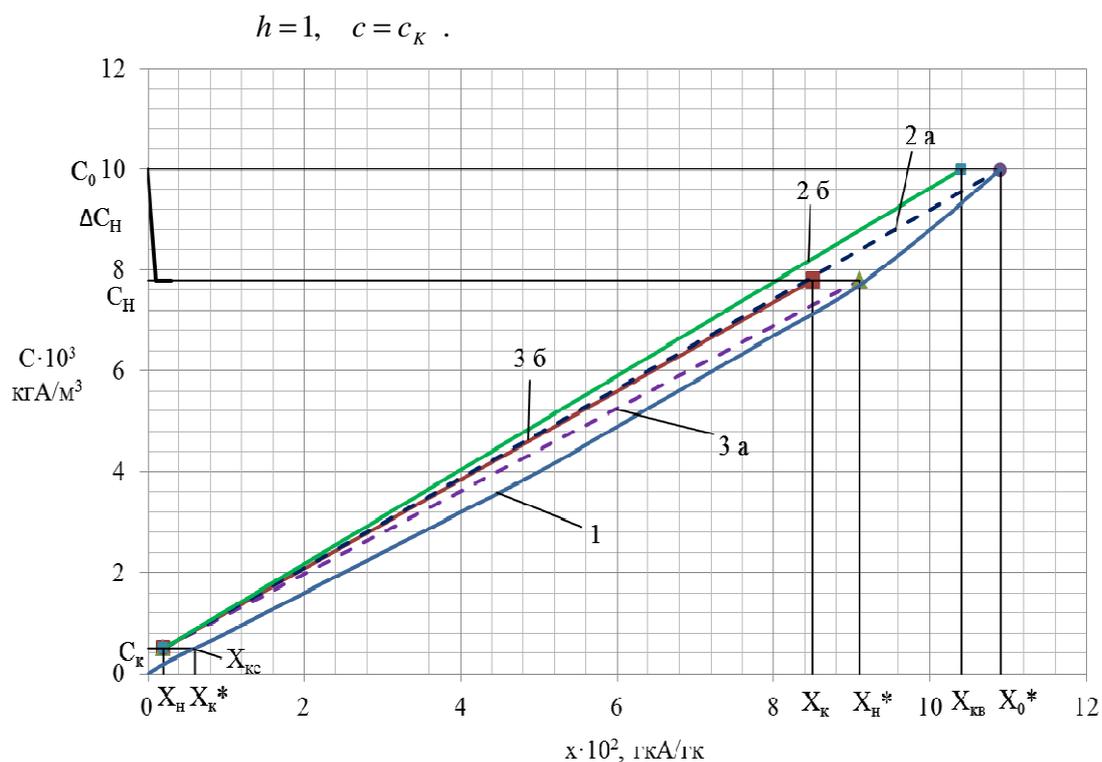


Рис.2. Равновесная (1) и рабочие линии в ионообменной противоточной колонне непрерывного действия,  
 2– рабочая линия при идеальном вытеснении по обеим фазам,  
 3– рабочая линия при диффузионной структуре потока по очищаемой жидкости и идеальному вытеснению по иониту:  
 а) – при минимальном расходе ионита,  
 б) – при рабочем расходе ионита.

В лабораторной колонне с зернистым слоем ионита после снятия кривой отклика, расчетов дисперсии и числа Пекле диффузионного по формуле (1) при дисперсии  $\sigma^2=0,42$ , получено число Пекле  $Pe=3,42$ .

По сравнению с типовым расчетом, опирающимся на идеальное вытеснение по обеим фазам, учет диффузионной структуры потоков по очищаемой воде приводит к необходимости увеличения расхода ионита с 9,25 кг/час до 10,62 кг/час, то есть на 15%, при этом высота слоя ионита может быть снижена с 0,255м до 0,153м, то есть на 67%. Этого не замечают на промышленных колоннах, рассчитанных по типовым программам идеального вытеснения, поскольку обычно завышают расход ионита по сравнению с минимальным расходом на 15÷20% [3,4]. Так как минимальный расход ионита в колонне идеального вытеснения по обеим фазам составляет 9,74 кг/час, то рекомендуемый рабочий расход должен составлять 11,2÷11,7 кг/час, что перекрывает с запасом рекомендуемый рабочий расход, рассчитанный по диффузионной модели с запасом всего 5%. Другой интересный момент перехода на предлагаемый расчет по диффузионной модели связан с возможностью значительного снижения высоты слоя ионита и соответственно гидравлического сопротивления. Последнее объясняется уменьшением числа единиц переноса по твердой фазе по мере уменьшения числа Пекле и увеличения скачка концентрации катионов  $Na^+$  на входе. Завышенная высота слоя ионита, рассчитанная по типовому алгоритму с идеальным вытеснением по обеим фазам, позволяет повысить запас времени пребывания и степень очистки воды.

На рис.3 приведены результаты расчетов профиля концентрации катионов  $Na^+$  из воды по высоте слоя в колонне идеального вытеснения по обеим фазам и диффузионной структуры потоков по жидкой фазе.

На рис.4 приведены графики зависимости высоты слоя и расхода ионита от числа Пекле диффузионного.

Таким образом, расчеты по диффузионной модели структуры потоков для жидкой фазы ионообменной колонны необходимо вести, когда число Пекле

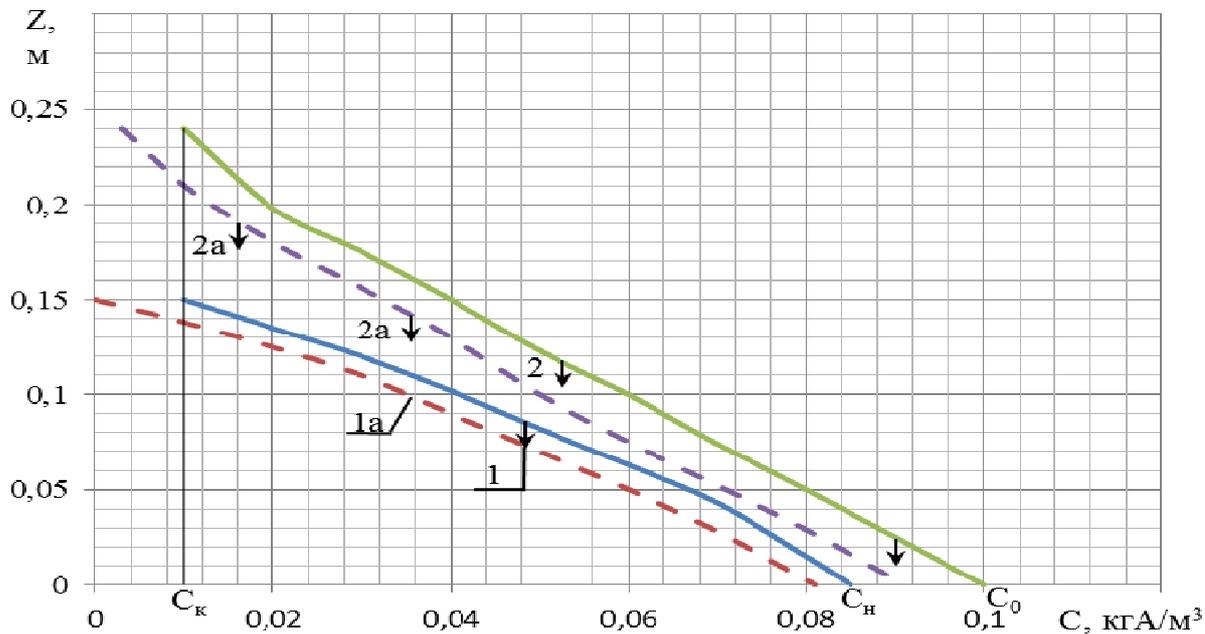


Рис.3. Профили концентраций ионов натрия  $Na^+$  в очищаемой воде и гранулах ионита по высоте слоя: 1 и 1а – рабочие и равновесные концентрации в воде при  $Pe=3,42$ ; 2 и 2а – рабочие и равновесные концентрации в воде при  $Pe \rightarrow \infty$  ( $De \rightarrow 0$  – идеальное вытеснение)

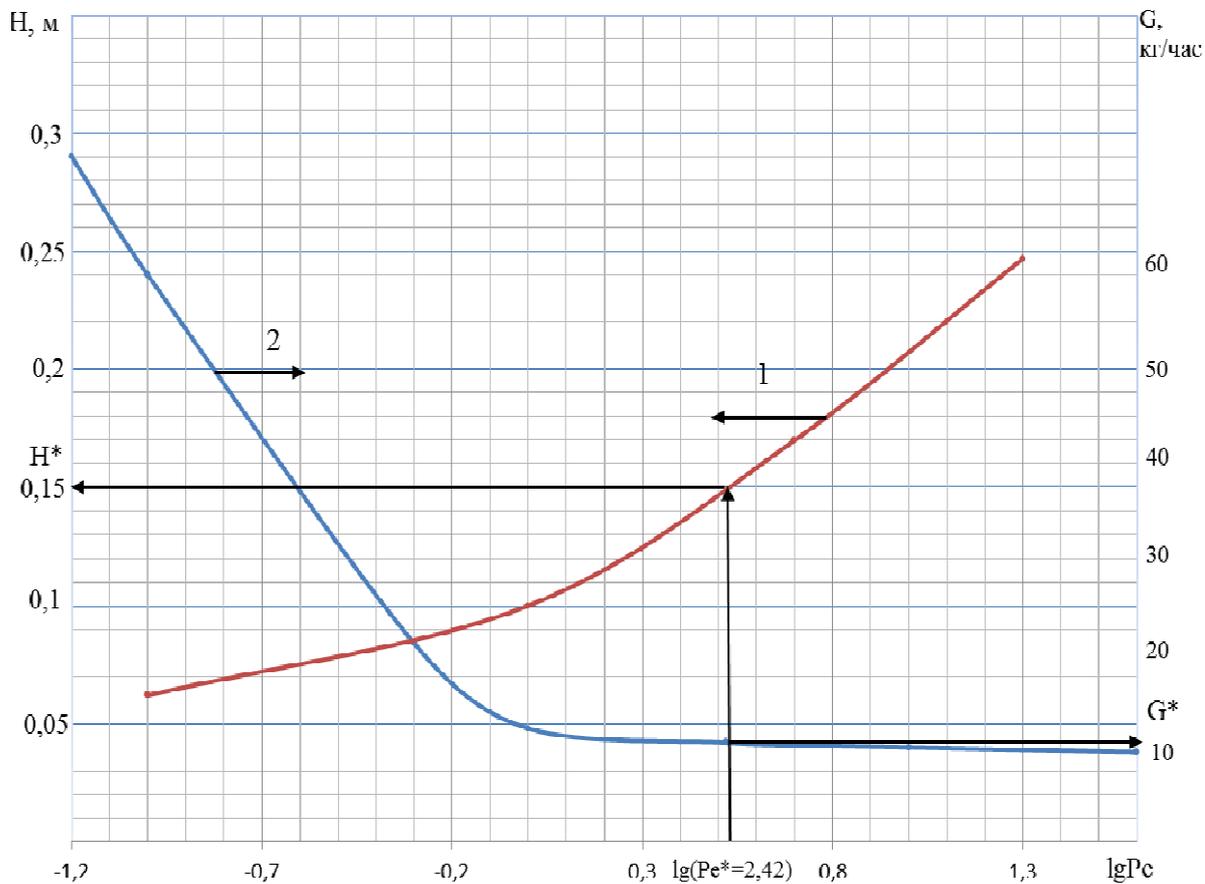


Рис.4. Зависимости высоты слоя (1) и расхода ионита (2) от числа Пекле диффузионного. меньше 5. В противном случае можно считать, как и в химических ректорах, что структура потоков по жидкой фазе близка к структуре потоков идеального вытеснения и расчеты технологических и геометрических параметров можно проводить по известному алгоритму расчетов ионообменных аппаратов непрерывного действия с противоточным движением обеих фаз в режиме идеального вытеснения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1968. 379с.
2. Голованчиков А.Б., Дулькина Н.А. Моделирование структуры потоков в химических реакторах. Волгоград: ВолГТУ, 2009. 290с.
3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник. Ч.2: Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 2002. 368с.
4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т.2. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. 884с.

### ЭЛЕКТРОБИОФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

А. Б. Голованчиков, д.т.н., профессор, Н. Н. Дикарева, аспирант,  
Н. А. Дулькина, к.т.н., доцент, Ю. В. Аристова, к.т.н., доцент

Волгоградский Государственный Технический Университет, г. Волгоград;

\*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, г. Москва

Предлагаемая конструкция электробиофильтра относится к устройствам непрерывного действия для очистки хозяйственных и промышленных сточных вод и может найти применение на городских очистных сооружениях, в локальных системах очистки предприятий химической, медицинской, фармацевтической, лакокрасочной, машиностроительной, металлургической и других отраслях промышленности.

Авторами ранее было разработано устройство для биологической очистки сточных вод, состоящее из резервуара цилиндрической формы с входным и выходным патрубками исходной и очищенной воды, электродной системы, установленной в нижней части резервуара и состоящей из анода и катода, выполненных в виде вертикальных пластин, при этом каждая пара анода и катода имеет форму цилиндров и закреплена на боковых поверхностях разделяющего их кольца, выполненного из диэлектрического материала, причем высота каждого цилиндра определяется по пропорции:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\ln\left(\frac{r_{a1}}{r_{a1}-\delta}\right)}{\ln\left(\frac{r_{a2}}{r_{a2}-\delta}\right)},$$

где  $h_1$  и  $h_2$  – соответственно высота цилиндров, имеющих радиусы анодов  $r_{a1}$  и  $r_{a2}$ ;  $\delta$  – кольцевой зазор между смежными анодом и катодом [2].

Очевидным недостатком этого устройства является то, препятствующим достижению заданного технического результата, относится то, что при электролизе воды образующиеся пузырьки водорода на катодах и кислорода на анодах, поднимаясь в верх, смешиваются с образованием гремящего газа, что снижает скорость биопотребления кислорода микроорганизмами уменьшает производительность устройства.

Эта проблема решена в нашем устройстве для биологической очистки сточных вод, состоящее из резервуара с входным и выходным патрубками исходной и очищенной воды,

электродной системы, установленной в нижней части резервуара, состоящей из анода и катода в виде вертикально установленных пластин, на которых закреплены сетки из металлической проволоки, при этом диаметр проволоки сетки анода в 2÷5 раз больше диаметра проволоки сетки катода и над анодом установлена решетка, на которой расположена насадка для прикрепления микроорганизмов [3].

Однако в этой конструкции невозможно применение пластинчатых электродов одинаковой длины и площади поверхности в резервуарах цилиндрической формы, так как при установке на дне таких резервуарах они занимают часть сечения (площадь квадрата, вписанного в окружность). В этом случае как и в описанной выше жироловке [1] более трети поверхности дна круглого резервуара, где установлены пластинчатые электроды, не используются и представляют собой застойные зоны, что уменьшает производительность устройства для биологической очистки сточных вод.

Необходимо разработать конструкцию электробиофильтра с цилиндрическим корпусом и плоскими пластинчатыми электродами, заполняющий все сечение аппарата при одинаковом напряжении, токе и его напряженности.

Общий вид такого биофильтра приведен на рис. 1. Устройство состоит из резервуара 1 с внутренним радиусом  $R$  с входным 2 и выходным 3 патрубками исходной и очищенной воды. В нижней части резервуара 1 расположена электродная система: шина анода 4 с анодом 5, выполненным в виде сеток из металлической проволоки и шина катода 6 с катодом 7, также выполненным в виде сетки из металлической проволоки, при этом диаметр проволоки сеток анода 5 в 2÷5 раз больше диаметра проволоки сеток катода 7. Каждая сетка анода 5 и катода 7 закреплена в металлической рамке 8. Ширина  $B$  каждой сетки анода 5 и катода 7 определяется по формуле  $B = 2\sqrt{(R - \delta)^2 - r^2}$ , а высота  $H$  – из условия равенства площадей всех сеток анода 5 и катода 7, так что  $B \cdot H = const$ . Сетки анода 5 и катода 7, закрепленные в металлических рамках 8, установлены вертикально в монтажном кольце 9, выполненном из диэлектрического материала. Для предотвращения короткого замыкания на резервуар 1 шина анода 4 и шина катода 6 имеют диэлектрические изоляторы 10. Над электродной системой установлена решетка 11, на которой расположена насадка 12 для прикрепления микроорганизмов (активного ила или биопленки). Кроме того, резервуар 1 установлен на опорах 13 и имеет заземление 14.

Устройство для биологической очистки сточных вод работает следующим образом. На клеммы шины анода 4 и шины катода 6 от источника постоянного тока подают электрический потенциал, а по входному патрубку 2 исходную воду, которой заполняют круглый резервуар 1 с насадкой 12 и электродной системой с сетками анода 5 и сетками катода 7. Под действием электрического тока между сетками анода 5 и сетками катода 7 идет электролиз воды с образованием пузырьков электролитических газов: на аноде 5 – пузырьков кислорода, на катоде 7 – пузырьков водорода. Так как диаметр проволоки сеток анода 5 в 2÷5 раз больше диаметра проволоки сеток катода 7, то соответственно примерно во столько же раз диаметр пузырьков кислорода в 2÷5 раз больше диаметра пузырьков водорода. В этом случае скорость всплывающих пузырьков кислорода больше скорости течения очищаемой воды, стекающей вниз в резервуаре 1, и они поднимаются вверх, взаимодействуют с биопленкой микроорганизмов на насадке, которые биоокисляют органику в очищаемой воде. Пузырьки водорода имеют скорость всплывания меньше скорости стекающей вниз очищаемой воды и они увлекаются этой водой вниз. Такое разделение пузырьков кислорода и водорода, не позволяет последним смешиваться с пузырьками кислорода, что увеличивает скорость биоокисления и в целом производительность биологической очистки сточной воды. Очищенная вода вместе с пузырьками водорода вытекает наружу по выходному патрубку 3.

Были проведены расчеты геометрических размеров сеток анодов 5 и сеток катодов 7, рассчитанные по условию (1), и токовые параметры между этими сетками для цилиндри-

ческого резервуара 1 радиусом  $R=250$  мм и зазорами между сетками анодов 5 и катодов 7,  $\delta=10$  мм.

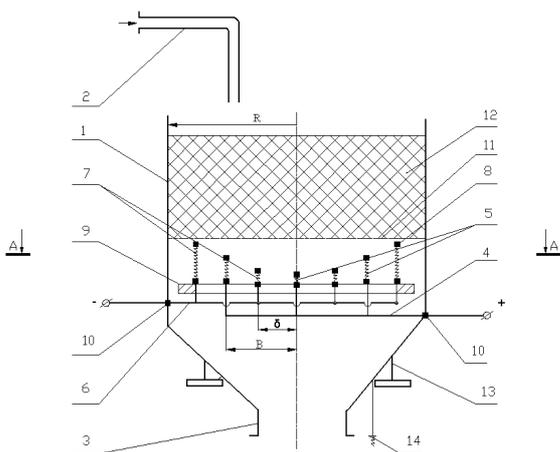
В этом случае для всего сечения круглого резервуара. Для всего сечения число сеток анодов 5 (начиная с центрального,  $r=0$ ) составит 23 шт., а катодов 7 – 24 шт. Общий анодный ток будет 23 А, а ширина сеток  $B$  в соответствии с условием (1) уменьшается, а высота увеличивается от центра круглого резервуара 1 к периферии, при этом площадь сечения анодных 5 и катодных 7 сеток остается постоянной и равной  $50 \text{ см}^2$ . Так как плотность тока определяется отношением тока на площадь  $j=I/S$ , то соответственно неизменной остается плотность тока, равная  $100 \text{ А/м}^2$ , которая не превышает плотности тока, приводящей к растворению анода, что увеличивает срок службы электродной системы без ее ремонта и замены и приводит к росту производительности.

Ток (равный 0,5 А) между каждой анодной 5 и катодной 7 сеток остается неизменным и общий ток, подводимый между всеми анодными и катодными сетками составляет 23 А. Если этого общего тока недостаточно, чтобы образовывалось на аноде необходимое число пузырьков кислорода, то высоту  $H$  всех анодных и катодных сеток необходимо увеличить. Например, если необходим общий ток для образования пузырьков кислорода 70 А, то есть в 3 раза больше, чем выше приведенном, то при сохранении допускаемой плотности тока  $100 \text{ А/м}^2$  и сохранении ширины  $B$  в каждой сетке анода 5 и сетке катода 7 высоту  $H$  каждой сетки анода 5 и сетке катода 7 надо увеличить также в 3 раза, по сравнению с высотами, рассчитанным ранее.

Кроме того, у сеток анода 5 и сеток катода 7, закрепленных в металлических рамках участвуют в электролизе обе поверхности каждой сетки, а в сетках, закрепленных на боковых поверхностях пластин, только внешняя сторона поверхности каждой сетки. То есть поверхность сеток 5 и 7 при той же массе, что и у прототипа в 2 раза больше, а масса анодов 5 и катодов 7 в 4-5 раза меньше, так как отпадает необходимость в установке самих пластин [3].

Таким образом, в предлагаемом устройстве для биологической очистки сточных вод можно проводить такую очистку в резервуаре 1 с максимально используемой площадью его круглого сечения, обеспечивая одинаковую допускаемую плотность анодного тока, близкую к плотности тока анодного растворения, и максимальный ток, одинаковый во всех зазорах между сетками анодов 5 и катодов 7. Это позволяет увеличить число и объем выделяющихся и поднимающихся вверх пузырьков кислорода, образующихся при электролизе воды, предотвратить их смешение с пузырьками водорода, опускающимися вниз вместе с очищенной сточной водой, интенсифицировать скорость биоокисления органики, находящейся в сточной воде микроорганизмами активного ила и биопленки и увеличить производительность по очищаемой сточной воде.

Кроме того, установка сеток анода 5 и катода 7 в рамки 8 упрощает их изготовление, установку и эксплуатацию, а также снижает их массу по сравнению с установкой сеток анода 5 и катода 7 на боковых поверхностях пластин.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матов Б., Электрофлотация. Новое в очистке жидкостей. – Кишинев: Карта молдавены-скэ, 1971.-162 с.
2. Патент RU №129500, CO2F3/00; CO2F1/46, 2013.
3. Патент на полезную модель RU №86945, CO2F3/02, CO2F1/46, 2009.

### ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОР С ПОДВИЖНЫМИ ЛИСТОВЫМИ АНОДАМИ

А. Б. Голованчиков, д.т.н., профессор, Н. Н. Дикарева, аспирант,

Н. А. Дулькина\*, к.т.н., доцент, Ю. В. Аристова, к.т.н., доцент

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

\*Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, г. Москва

Предлагаемая конструкция электрокоагулятора относится к устройствам для очистки сточных от тонкодисперсных примесей вод в процессах электрокоагуляции и может найти применение в химической, нефтехимической, биохимической, фармацевтической, строительной, автомобильной и других отраслях промышленности при очистке промстоков и в хозяйственных стоках в коммунальных службах.

Известна конструкция промышленного электрокоагулятора, включающего корпус прямоугольной или цилиндрической формы, в который помещают электродную систему – ряд электродов, установленных обычно вертикально для лучшего удаления выделяющихся газов и протекания процесса флотации [1].

К недостаткам этой конструкции относится высокая себестоимость очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей из-за растворения металла анодов, так как при увеличивающемся при растворении анодов зазоре необходимо повышать ток и напряжение, а оно не должно по технике безопасности превышать 24В.

Известна также конструкция электрокоагулятора - водоочистителя, включающая два разнополярных электрода, соединенных с источником питания и патрубки для подвода и вывода обрабатываемой воды, при этом электроды выполнены в виде полых усеченных в вершинах конусов, причем анод установлен в катод с постоянным зазором, в зазоре между анодом и катодом установлены упоры из диэлектрического материала, а сам электрокоагулятор снабжен узлом для регулировки зазора между анодом и катодом [2].

Недостатками этой конструкции является неполное использование металла анода при его растворении, что увеличивает себестоимость очистки обрабатываемой воды по вышеназванной причине в описании предыдущего промышленного электрокоагулятора.

В патентной литературе описано устройство для электрообработки воды (установка получения питьевой воды) методом электрохимической коагуляции, которое представляет собой электродный блок, выполненный в водонепроницаемом разборном корпусе с подводящим и отводящим водоводами и размещенная внутри него электродная система, выполненная из двух групп электродов - растворимых и нерастворимых и расположенная в съемной кассете с направляющими пазами, по которым кассета устанавливается с зазором около нерастворимой группы электродов, при этом два П-образных плоскопараллельных нерастворимых электрода закреплены на верхней крышке корпуса и соединены с внешним источником питания, растворимая группа электродов выполнена в виде прямоугольных электродов, которые свободно лежат в направляющих пазах кассеты, обеспечивающих взаимно параллельное расположение электродов и направление потока воды, при этом подводящий и отводящий водоводы расположены на верхней крышке корпуса электродного блока, а корпус соединяется с крышкой быстросъемным соединением [3].

Равномерное растворение поверхности этих анодов по всей их боковой поверхности, смежной с поверхностью нерастворимых электродов (катодов) приводит к увеличению зазора между нерастворимым и растворимым электродами. Это требует увеличения на-

пряжения, а оно ограничено по технике безопасности 24 В, что приводит к увеличению себестоимости очистки воды. Кроме того, растворимые электроды необходимо заменять до их полного растворения.

Целью является разработка конструкции устройства для электрообработки воды, уменьшающая расход металла электродов при очистке сточных вод от тонкодисперсных примесей за счет более полного растворения металла анода при постоянных оптимальных напряжении и токе между растворимыми и нерастворимыми электродами.

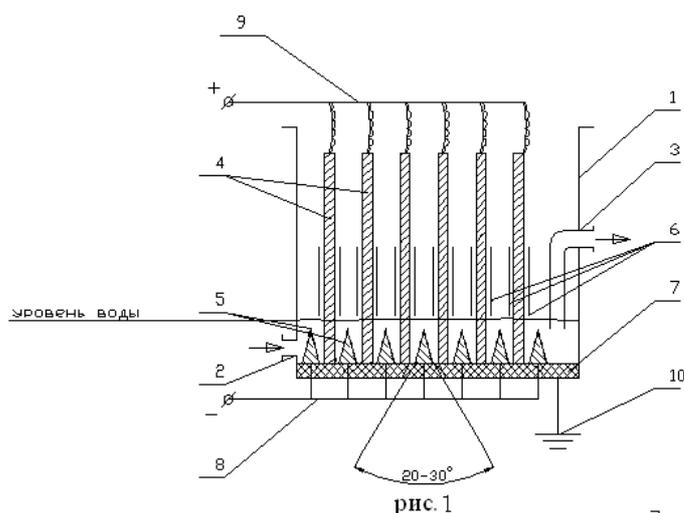
На рис.1 представлена в разрезе схема такой конструкции электрокоагулятора для электрообработки воды, на рис.2 – вид сверху.

Устройство состоит из корпуса 1 с подводным 2 и отводящим 3 водоводами, размещенные внутри корпуса две группы электродов: растворимые 4 - аноды и нерастворимые 5 - катоды. Растворимые электроды 4 имеют прямоугольную форму и свободно лежат в направляющих пазах 6, выполненных из диэлектрического материала, и обеспечивающих параллельное расположение электродов. На дне корпуса 1 установлен равномерно перфорированный лист 7, выполненный из диэлектрического материала, на котором неподвижно установлены нерастворимые электроды 5-катоды, имеющие треугольную форму с углом вершины  $\alpha = 20 \div 30^\circ$ . Растворимые электроды 4 опираются нижним концом на этот же лист 7 и установлены относительно нерастворимых электродов 5 с зазором.

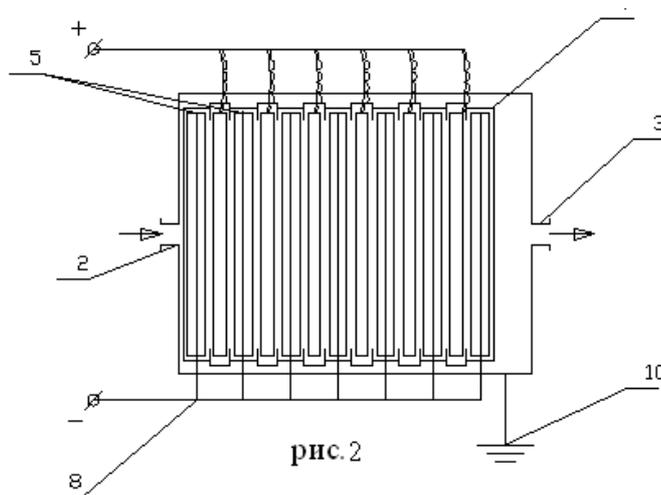
Каждый нерастворимый электрод 5 подключен шиной 8 к отрицательному полюсу источника постоянного тока (на фигурах не показан), а каждый растворимый электрод 4 подключен шиной к положительному полюсу источника постоянного тока, причем корпус 1 присоединен к заземлению 10.

Устройство для электрообработки воды работает следующим образом. По подводному водоводу 2 подают исходную предназначенную для электрообработки воду внутрь корпуса 1. Под действием постоянного электрического напряжения, подаваемого на нерастворимые электроды 5 по шине 8 и растворимые электроды 4 по шине 9, в нижней части у дна корпуса 1 между нерастворимыми электродами 5 и растворимыми электродами 4 по воде идет электрический ток как по проводнику II рода. Так как нерастворимые электроды 5 имеют в сечении треугольную форму, то зазор между смежными поверхностями нерастворимых электродов – 5 и растворимых электродов – 4 у листа 7, на который опираются эти электроды, наименьший, а значит и наименьшее электрическое сопротивление для тока. Поэтому согласно закону Ома ток наибольший и скорость растворения материала растворимых электродов 4 также наибольшая в этой нижней их части. Такое неравномерное растворение по высоте смежной с нерастворимыми электродами 5 поверхности растворимых электродов 4 приводит к тому, что они принимают в сечении треугольную форму с вершиной, направленной вниз. Происходит непрерывное полное растворение этой вершины у каждого растворимого электрода 4 и они под действием силы тяжести самопроизвольно опускаются вертикально вниз в направляющих 6, выполненных из диэлектрического материала - пена.

Образующиеся при растворении материала растворимых электродов 4 хлопья коагулянта вместе с образующимися при электролизе воды пузырьками электролитических газов водорода на нерастворимых электродах 5 и кислорода на растворимых электродах 4, поднимаются снизу вверх, при этом хлопья коагулянта коагулируют на своей поверхности частицы и капельки дисперсной фазы и выносят их на поверхность очищаемой воды в пену, которая отводится в пеносборник (не показан). Очищенная вода из корпуса 1 отводится по отводящему водоводу 3.



7



Таким образом, предлагаемое устройство для электрообработки воды методом электрохимической коагуляции, в котором в нижней части корпуса 1 вертикально установлены направляющие 6 из диэлектрического материала, а на дне корпуса 1 размещен лист 7 из диэлектрического материала, на котором неподвижно установлены нерастворимые электроды 5, в сечении имеющие треугольную форму с углом вершины  $\alpha=20\div 30^\circ$ , при этом растворимые электроды 4, свободно установленные в направляющих 6, опираются нижним концом на лист 7 из диэлектрического материала, позволяет вести очистку воды от частиц и капелек дисперсной фазы при постоянном допуске по технике безопасности напряжении и оптимальном токе, обеспечивающем полное растворение материала растворимых электродов 4 без утечек тока, что приводит к уменьшению расхода электроэнергии и металла растворимых электродов 4.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимонин А.С. Инженерно - экологический справочник. Т. 2. – Калуга: Издательство Н.Бочкаревой, 2003.-727с.
2. Заявка на изобретение RU №2002133192, RU CO2F1/463, 2004.
3. Патент РФ №2436736, CO2F1/463, 2011.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО СОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА С УЧЕТОМ ВНУТРИДИФфуЗИОННОГО ТОРМОЖЕНИЯ

А. Б. Голованчиков, Л. В. Курылева, В. Ф. Каблов\*, Ю. В. Аристова  
Волгоградский Государственный Технический Университет,  
г. Волгоград;

\*Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Показано, что известная интегральная формула для расчета рабочего времени цикла в адсорберах периодического действия не учитывает профили концентраций адсорбируемого компонента в газе и слоях адсорбента по мере движения газа от входа к выходу ни в текущие, ни в конечные моменты времени. Ранее в наших работах рассмотрена физическая модель процесса адсорбции для элементарного неподвижного слоя высотой  $\Delta h$  в произвольный момент времени  $\tau$ .

Уравнение материального баланса для элементарного слоя адсорбента толщиной  $\Delta h$ , которую поток дымовых газов проходит за время  $\Delta \tau$

$$q_v(C_{ni} - C_{ki})\Delta\tau = AG_T(a_{ki} - a_{ni}), \quad (1)$$

и уравнение массопередачи для этого слоя

$$\frac{q_v(C_{ni} - C_{ki})}{3600} = \beta_c \Delta V [C_{ni} - C_{ni}^*], \quad (2)$$

$$\text{где } \Delta V = (\pi D a^2 / 4) \Delta h \text{ и } \Delta G = \rho_n \Delta V,$$

которые совместно с уравнением изотермы Ленгмюра, решенным относительно концентрации паров бензопирена в дымовых газах

$$C_{ni}^* = \frac{a_{ni}}{B(A - a_{ni})} \quad (3)$$

образуют систему уравнений, лежащей в основе алгоритма расчета, позволяющего определять профили концентрации бензопирена в дымовых газах и адсорбенте по высоте слоя последнего в любой момент времени. Профили этих концентраций для конечного рабочего времени цикла приведены на рис. 1. и рис. 2.

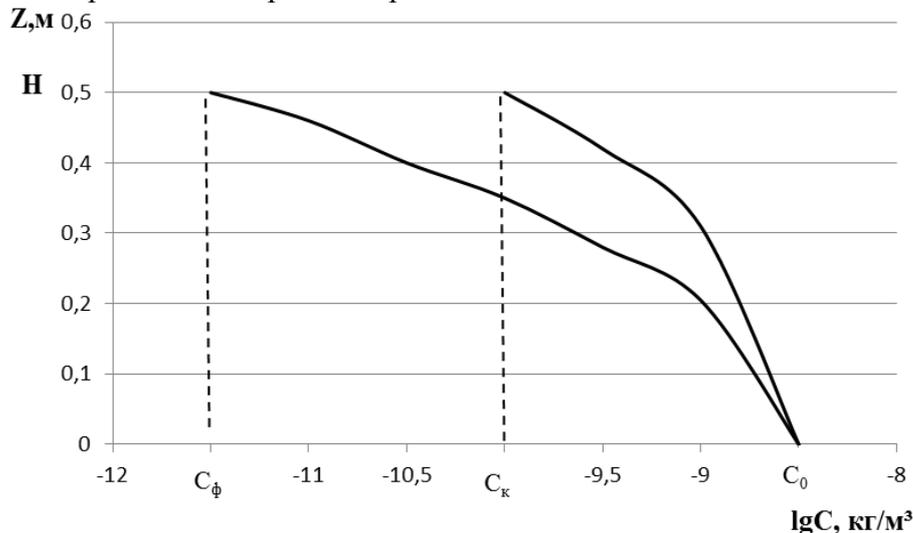


Рис. 1. Профили концентраций паров бензопирена в дымовых газах в конце рабочего времени адсорбции: 1- для конечной концентрации, соответствующей ПДК,  $\tau_k=561,8$  часа; 2- для конечной фоновой концентрации  $\tau_f=322,3$  часа)

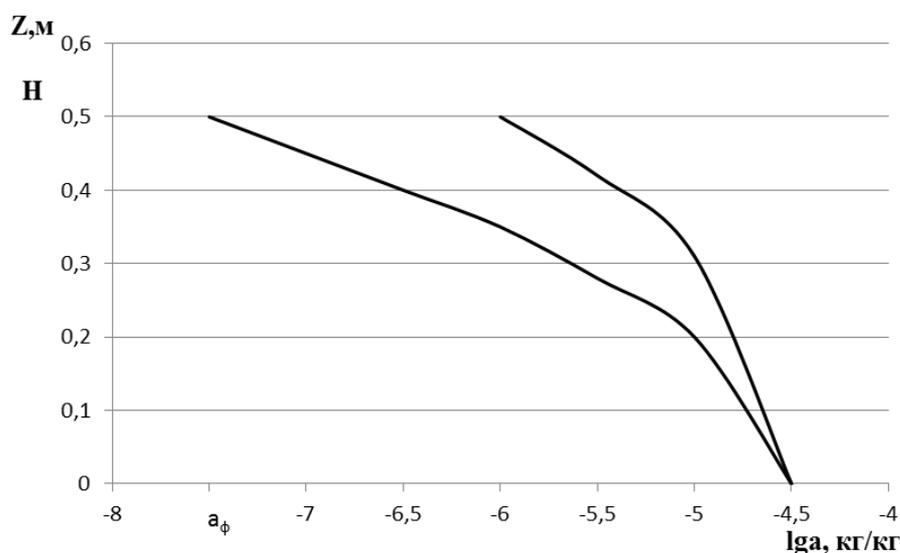


Рис. 2. Профили концентраций бензопирена в адсорбенте в конце рабочего времени цикла: 1 - для конечной концентрации паров в дымовых газах, соответствующей ПДК,  $\tau_k=561,8$  часа; 2-для конечной фоновой концентрации  $\tau_\phi=322,3$  часа)

Из сравнения результатов расчетов рабочего времени цикла колонн периодического действия известный интегральный алгоритм расчетов занижает это время для конечной концентрации паров бензопирена в дымовых газах, равной ПДК по сравнению с дифференциальным алгоритмом расчетов, основанном на уравнениях (1-3), на 21% (сравниваются  $\tau_k=462,8$  часа и  $\tau_{k1}=561,8$  часа), а по сравнению с конечной концентрацией, равной фоновой концентрации бензопирена в воздухе, в 2,28 раза (сравниваются  $\tau_\phi=141,1$  часа и  $\tau_{\phi1}=322,3$  часа). Запас по времени в 21% при расчете по интегральному алгоритму рабочего цикла для конечной концентрации, равной ПДК, вполне объясним и связан с возможными колебаниями расхода и концентрации бензопирена в процессе адсорбции, неравномерностью скоростей дымовых газов по сечению аппарата, а также неполной регенерацией гранул адсорбента и частичной потерей ими сорбирующих свойств.

Однако при адсорбции с условием очистки дымовых газов от паров бензопирена до конечной концентрации, соответствующей его фоновой концентрации в воздухе, занижение рабочего времени цикла в 2,28 раза не оправдано. Реально с учетом вышеназванных условий работы колонны необходимо уменьшить расчетное время на 20% с 322,1 часа до 260 часов. В этом случае концентрация паров бензопирена на выходе из колонны будет близка к фоновой, равной  $3,9 \cdot 10^{-12}$  кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, предлагаемый алгоритм расчета адсорбции паров бензопирена, основанный на уравнениях материального баланса, массопередачи и изотермы Ленгмюра для элементарного слоя адсорбента, при условии конечной концентрации этих паров, равных фоновой концентрации бензопирена в воздухе, позволяет увеличить рабочее время цикла со 141 часа, получаемого по известному алгоритму расчета, до 260 часов, то есть в 1,8 раза. При расчетах на конечную концентрацию паров бензопирена в дымовых газах, равную ПДК, известный и предлагаемый алгоритмы дают расхождения по рабочему времени цикла в 20%, причем известный алгоритм занижает это время. Преимуществом предлагаемого алгоритма расчета является то, что он позволяет определять профили концентраций бензопирена в дымовых газах и адсорбенте по высоте слоя последнего для любого момента времени.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК МЕМБРАН ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССЕ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

А.А. Шагарова, к.т.н., доц. кафедры ПАХП; В.И. Горбаченко, студент  
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

В качестве перспективного современного метода для разделения углеводов, смесей высокомолекулярных и низкомолекулярных соединений, концентрирования растворов и т.д. в различных отраслях промышленности вот уже более 20 лет используются мембранные методы разделения, в том числе ультрафильтрация (УФ) [1]. В последнее время начали широко использовать мембранные методы для решения задач очистки сточных и опреснения соленых вод.

Ультрафильтрация – процесс мембранного разделения жидких смесей под действием давления, основанный на различии молекулярных масс или молекулярных размеров компонентов разделяемой смеси.

Для ультрафильтрации используют нитроцеллюлозные, а также полиэлектролитные мембраны.

Как известно, эффективность мембранного разделения зависит от различных факторов, таких как разность давлений (рабочее давление), температура разделяемой смеси, скорость потока, концентрация разделяемой смеси и концентрация задерживаемых мембраной веществ [2].

В данной работе рассматривается процесс концентрирования растворов высокомолекулярных соединений (ВМС) с применением ультрафильтрации. Концентрирование растворов ВМС путем выпаривания обычно неэффективно вследствие разрушения ВМС (особенно биохимических препаратов). Применение ультрафильтрации позволяет довести концентрацию ВМС до уровня, при котором возможно непосредственное использование раствора в технологическом процессе или извлечение из него ВМС другими методами разделения.

В рамках представленных в данной статье исследований, лежит конкретная задача исследований зависимости характеристик мембран от технологических параметров в процессе ультрафильтрации водного раствора ацилазы.

После проведения ультрафильтрации получены следующие продукты мембранного разделения: концентрат и пермеат.

Для решения поставленной задачи необходимо было рассмотреть следующие аспекты:

1. Влияние рабочих условий проведения процесса ультрафильтрации на характеристики мембран, а именно разности давлений и производительности по исходному раствору.
2. Оценка истинной селективности мембраны в зависимости от диаметра пор.

Для теоретических исследований процесса ультрафильтрации составлена программа в Microsoft Excel для выбора оптимальной мембраны при различных условиях эксплуатации [3].

Проведены исследования по определению селективности ацетатцеллюлозных мембран УАМ-50 – УАМ-300 в зависимости от рабочего давления и производительности исходного раствора.

Учитывая возможность деструкции ферментов органики при повышенных температурах, принимаем рабочую температуру 25°C.

С учетом гелеобразования при высоких давлениях и уплотнения ультрафильтрационных мембран рабочий диапазон изменения перепада давления выбран  $0,1 \div 0,5$  МПа.

В ходе работы использовались следующие основные зависимости:

- 1) Степень концентрирования

$$K = \frac{X_k}{X_n} \quad (1)$$

2) Концентрация ферментов ацилазы в пермеате

$$X_p \cdot K = \frac{K \cdot \varphi - K}{K \cdot \varphi - I} \quad (2)$$

где  $\varphi$  - селективность мембраны, являющаяся функцией отношения диаметра молекул к диаметру пор в мембранах.

3) Удельная производительность по чистой воде

$$G_0 = a \cdot \Delta p \quad (3)$$

4) Удельная производительность по разделяемому раствору с вязкостью  $\mu$

$$G = G_0 \cdot \frac{\mu_0}{\mu} \quad (4)$$

5) Расход пермеата

$$L_p = G_n \cdot (1 - K)^{-1/\varphi} \quad (5)$$

6) Расход концентрата

$$L_k = G_n - L_p \quad (6)$$

7) Рабочая поверхность мембраны

$$F_m = \frac{L_p}{G} \quad (7)$$

Рассчитаем истинную селективность мембран  $f$  по ацилазе, используя приведенные данные о размерах пор в мембранах, приведенных в таблице.

Таблица – Характеристики различных типов мембран

$d_p$ , мкм	$a$	$f$
3	0,0015	0,987
5	0,0033	0,995
10	0,017	0,998
15	0,037	0,9985
17,5	0,065	0,999
20	0,075	0,9995
30	0,134	0,9995
45	0,37	0,9995

где  $d_p$  – диаметр пор мембраны;

$a$  – константа проницаемости мембраны;

$f$  – истинная селективность мембраны.

Полученные в результате расчетов зависимости представлены на рисунках 1-3.

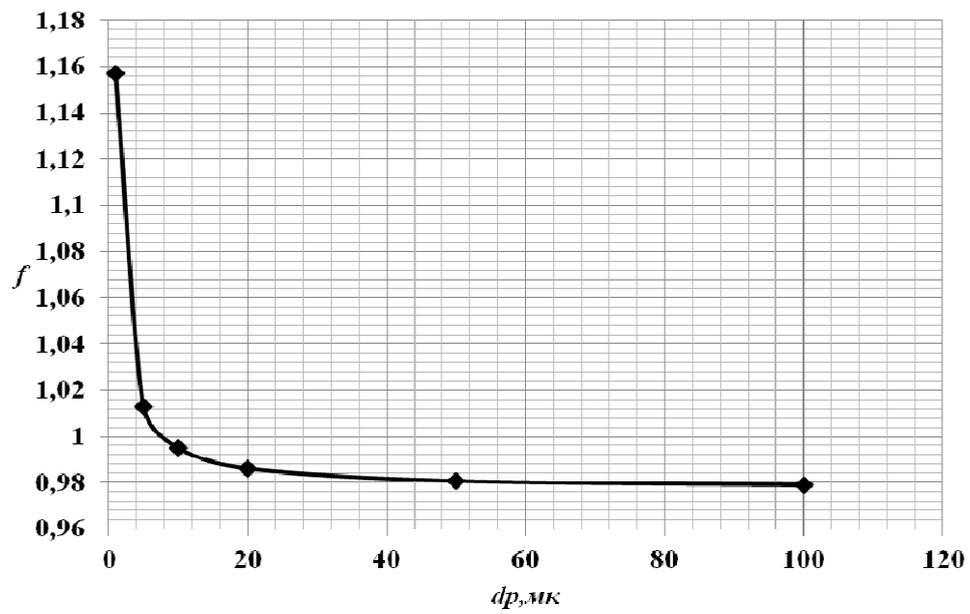
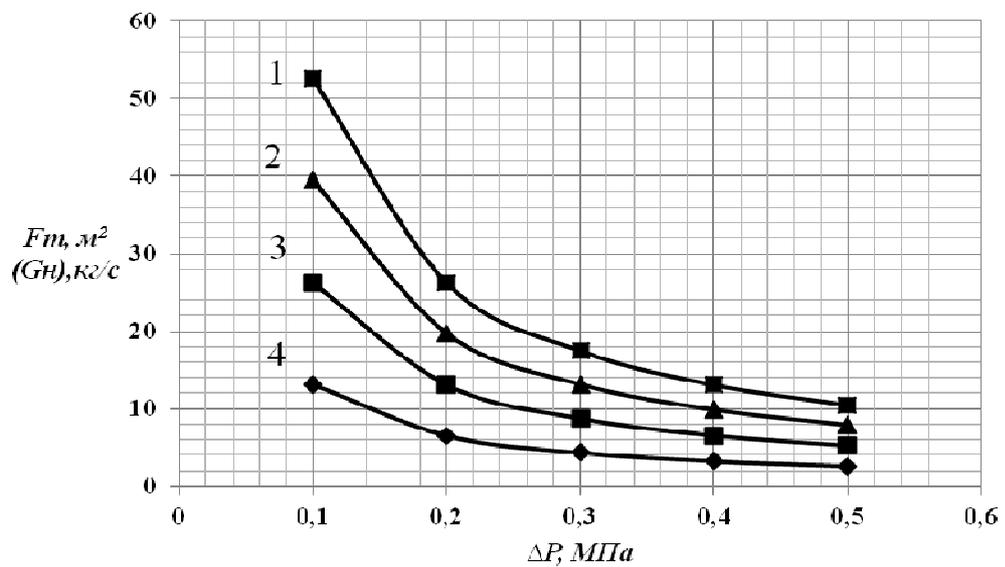
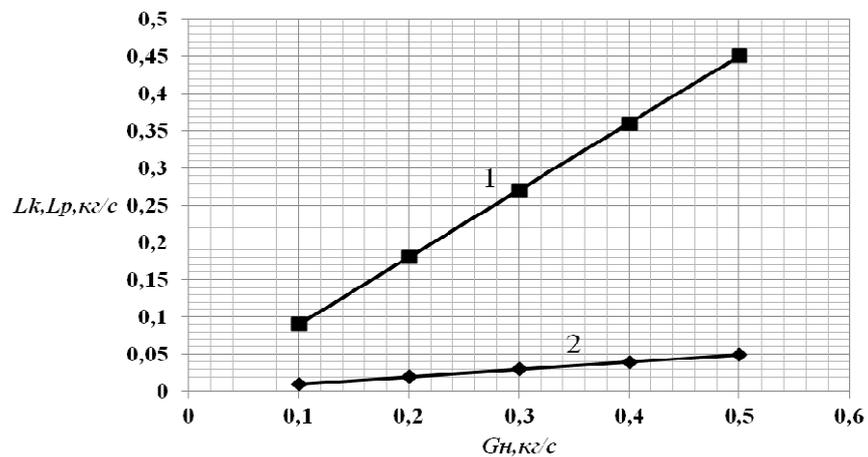


Рисунок 1 – График зависимости истинной селективности мембраны от диаметра пор



1 – G=0,4кг/с; 2 – G=0,3кг/с; 3 – G=0,2кг/с; 4 – G=0,1кг/с

Рисунок 2 – График зависимости рабочей поверхности мембран от перепада давления  
производительности по исходному раствору



1 – расход пермеата; 2 – расход концентрата

Рисунок 3 - График зависимости расхода пермеата и концентрата от производительности по начальному раствору

Анализ полученных результатов показывает:

- при увеличении диаметра пор истинная селективность мембраны уменьшается по гиперболическому закону (рисунок 1).
- повышение давления может положительно влиять на эффективность мембранного разделения. В случае ультрафильтрации ВМС рисунок 2 наглядно демонстрирует уменьшение рабочей поверхности мембраны при увеличении перепада давления и увеличение поверхности при росте производительности по начальному раствору;
- увеличение расхода концентрата и более выраженный рост расхода пермеата происходит при увеличении производительности по начальному раствору.

Литература

1. Дытнерский, Ю. И. Обратный осмос и ультрафильтрация /Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1978 . – 351 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет М.: Химия - 1986 - 272 с
3. Голованчиков А.Б., Симонов Б.В. Применение ЭВМ в химической технологии экологии. Часть 1. Учебное пособие.–Волгоград: ВолгГТУ, 1994, 114 с.

### **ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ НА ИХ РЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ**

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор; В.В. Савин, к.ф.н., доцент; Н.И. Дудин, студент  
Волгоградский государственный технический университет(ВолгГТУ)

Использование вторичного сырья в настоящее время является весьма актуальной задачей, поскольку загрязнение окружающей среды, в том числе полимерными отходами, достигает критического уровня. Благодаря высокой стойкости к воздействию окружающей среды данные материалы сохраняются в естественных условиях в течение длительного времени. С точки зрения влияния на окружающую среду утилизация полимерных отходов может рассматриваться как важный экономический фактор, поскольку материалы и энергия поступают в повторное использование. Однако, в настоящее время практически невозможно повторно переработать в готовый продукт резинотехнические изделия (РТИ) [1]. Особый интерес представляет использование термоэластопластов (ТЭП), которые способны перерабатываться из расплава методами литья под давлением или экструзией [2-5]. Такие материалы способны к многократной переработки.

Известно [6, 7], что при переработке ТЭП или формовании из них изделий в условиях повышенных температур и сдвиговых нагрузок могут одновременно протекать процессы деструкции и структурирования макромолекул, что может приводить к существенному изменению всего комплекса свойств ДТЭП. Непосредственно, данные процессы могут отразиться на текучести ДТЭП. К тому же способность полимерных материалов к переработке определяется их реологическим поведением, в частности значением показателя текучести расплава (ПТР). Показатель текучести расплава определяется на аппарате ИИРТ-5М, представляющей собой капиллярный вискозиметр. В свою очередь, ПТР это отношение массы образца к времени истечения через капилляр заданной геометрии.

На рис. 1 представлена зависимость изменения показателя текучести расплава (ПТР) динамических термоэластопластов составом ПЭВД/СКЭПТ 70/30. Как видно из представленных зависимостей ДТЭП сохраняют способность к переработки методами литья под давлением или экструзией даже после 7 цикла, так как ПТР более 1 г/10 мин.

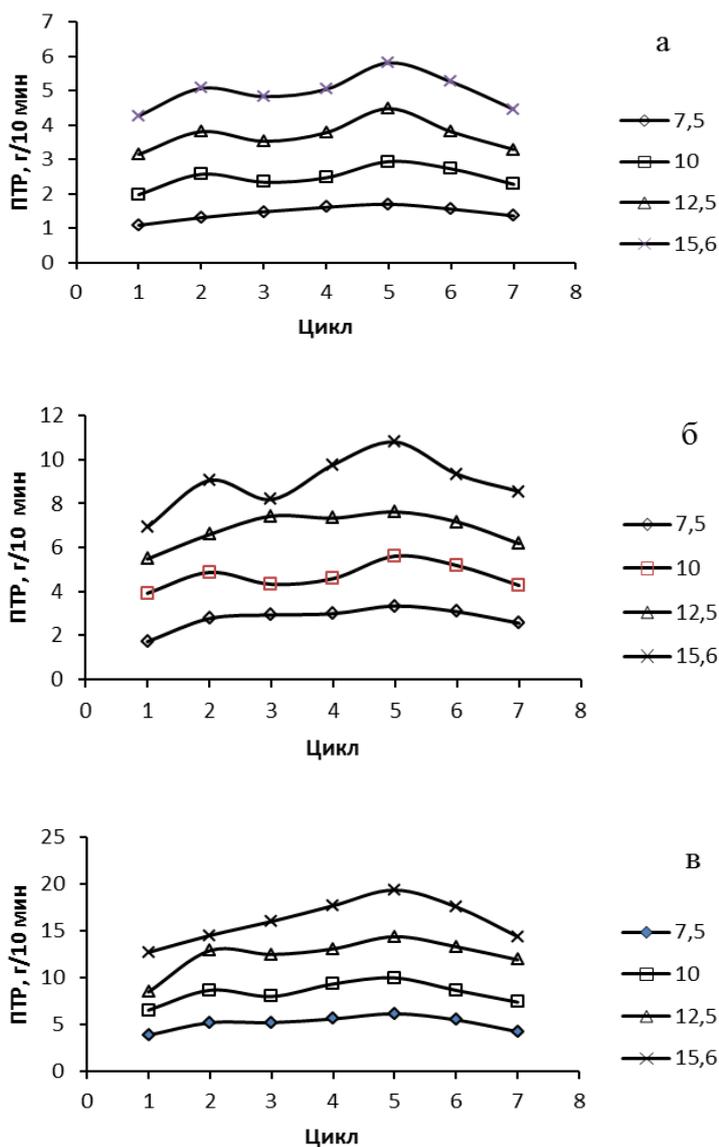


Рисунок 1. Зависимость изменения ПТР ДТЭП составом ПЭВД/СКЭПТ 70/30 от цикла переработки в диапазоне нагрузок 7,5 – 15,6 кг при температуре а) 150 °С, б) 170 °С, в) 190 °С.

С увеличением температуры наблюдается повышение ПТР при всех циклах переработки. При нагрузке 7,5 кг и температуре определения ПТР 150 и 170 °С до 4 цикла наблюдается рост ПТР при 5 цикле текучесть композиций понижается. При температуре 190 °С и нагрузке 7,5 кг заметны изменения ПТР не наблюдаются. Увеличение нагрузки, при всех температурах приводит к повышению значения ПТР. При температуре испытания 150 °С, как при нагрузках 10,0 кг, так и 12,5 кг на втором цикле переработки наблюдается рост значений ПТР. Тогда как на 3 и 4 цикле значение ПТР понижается с 4 г/10 мин, до 3,0 – 3,2 г/10 мин. Затем при 5 цикле переработки ПТР вновь возрастает, после чего при 6 цикле и далее монотонно снижается. Подобная зависимость изменения ПТР характерна для ДТЭП при нагрузке 15,6 кг. Зависимость изменения ПТР при температуре 170 °С при нагрузке 10 кг, аналогично изменению ПТР при температуре 150 °С и нагрузке в интервале от 10 до 15,6 кг. Тогда как, при температуре 170 °С и нагрузке 12,5 кг рост ПТР наблюдается до 3 цикла переработки, на 4 и 5 цикле изменения текучести композиций не наблюдаются, а после 6 цикла ПТР снижается. Отличительная текучесть для ДТЭП составом ПЭВД/СКЭПТ 70/30 наблюдается при температуре 170 °С и нагрузке 15,6 кг. В данных условиях текучесть композиции подобна текучести при той же температуре и нагрузке 10 кг, за исключением интервала изменения ПТР. Так, при нагрузке 10 кг, изменение ПТР на-

ходится в интервале 1 г/10 мин, тогда как при нагрузке 15,6 кг ПТР изменяется на 6 г/10 мин. При температуре 190 °С различия в текучести ДТЭП по сравнению с аналогичными условиями деформирования наблюдаются при нагрузках более 10 кг. Так, при нагрузке 12,5 кг ПТР динамических термоэластопластов ПЭВД/СКЭПТ при втором цикле переработки наблюдается повышение текучести композиций, далее до 6 цикла изменений в текучести практически не наблюдается, и только на 7 цикле ПТР незначительно снижается. При нагрузке 15,6 кг и температуре 190 °С до 6 цикла ПТР монотонно возрастает, а на 7 цикле снижается. Таким образом, ПТР динамических термоэластопластов при многократной переработки зависит от условий деформирования материалов.

Так как, нагрузка, приложенная для продавливания материала через капилляр, прямопропорциональна напряжению сдвига. А ПТР обратно пропорционален эффективной вязкости полимерной композиции. Для понимания изменения текучести ДТЭП и процессов происходящих при многократной переработки необходимо рассмотреть влияние условий деформирования (нагрузки) на изменение ПТР. Так, при определении ПТР нагрузка варьировалась в интервале от 7,5 до 21,6 кг, что соответствует напряжению сдвига в интервале от 143405,7 до 422016,5 Н/м<sup>2</sup>. Зависимость изменения ПТР от условий деформирования ДТЭП представлена на рис. 2.

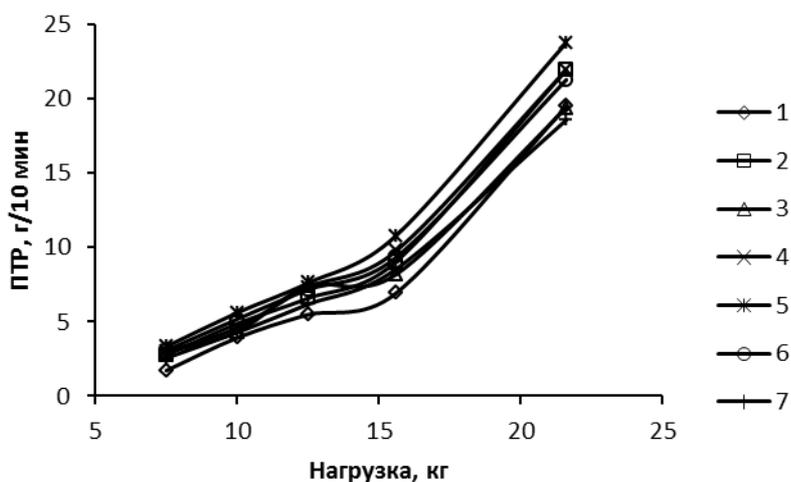


Рисунок 2. Зависимость изменения ПТР динамических термоэластопластов ПЭВД/ХСПЭ 70/30 от нагрузки (напряжения сдвига).

Как видно из рис. 2 при низком напряжении сдвига, в области нагрузке от 7,5 до 12,5 кг, ПТР при всех циклах переработки, за исключением 7 цикла, практически не изменяется. Так, изменение ПТР даже при 6 цикле переработки не превышает 3 г/10 мин. При более высоких нагрузках, более 12,5 кг до 3 цикла переработки наблюдается повышение ПТР, что, по всей видимости, связано с деструкцией полимерных составляющих, приводящих к снижению молекулярной массы и расширению ММР. Можно предположить, что до 3 цикла переработки в ДТЭП преобладает деструкция. При 4 и 5 циклах переработки ПТР наблюдается падение текучести, которое может быть обосновано процессами структурирования макромолекул, которое приводит к повышению вязкости композиции. Дальнейшая переработка композиций приводит к падению вязкости ДТЭП, текучесть композиций повышается. Это связано с разрушением макромолекул полимерных составляющих. Следовательно, после 5 цикла переработки следует ожидать и падение эксплуатационных характеристик ДТЭП. Следует отметить, что ДТЭП подвергнутые семикратной переработки в изделия могут быть и в дальнейшем переработаны из расплава, так как они характеризуются достаточно высоким значением ПТР. Изменения текучести ДТЭП при многократной переработки необходимо учитывать при выборе режимов литья под давлением и экструзии, так как реологическое поведение на каждом цикле переработки отличается.

Используемая литература.

1. Handbook of Thermoplastic Elastomers/ J.G. Drobny – NY.: Plastics Desing Library, 2007. – 425 p.
2. Вольфсон, С. И. Динамически вулканизированные термоэластопласты: Получение, переработка, свойства/ С. И. Вольфсон.- М.: Наука.- 2004.- 173 с.
3. Абду-Сабет С., Датта С. Термопластичные вулканизаты. В сб. Полимерные смеси, Т. 2/ Под ред. Д. Р. Пола и К. Б. Бакнелла: Пер. с англ./ Под ред. В. Н. Кулезнева.- СПб.: Издательство НОТ.- 2009.- с. 539-579
4. Coran A. Y., Patel R. Williams D.//Rubber Chem. Technol. – 1982.-Vol. 55.- № 1. – pp. 116 – 137
5. Mandal, A.K.; Siddhanta, S.K.; Chakraborty, D. J. Appl. Polym. Sci. 2013, 127, 1268
6. Григорьева О.П. // Высокомолекулярные соединения, сер. А., 2009, Т. 51, 275-285
7. Karger-Kocsis J. Polymer Blends and Alloys/ Ed. by G.O. Shonaike, G.P. Simon. New York: Marcel Dekker; 1999

### **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В БАСЕЙНАХ ОТБОРА ОСТАТОЧНЫХ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЙ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ТВЭЛОВ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ**

Б.А. Дулькин, студент национального исследовательского университета Московского энергетического института, г. Москва

С.Б. Воротнева, ассистент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПАХП  
ВолгГТУ, г. Волгоград

Д.Р. Коломиец, студент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

С.Р. Коломиец, студент кафедры ПАХП ВолгГТУ, г. Волгоград

Отработанные тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) атомных реакторов помещают в бассейн выдержки с циркуляционной водой для предотвращения перегрева [1, 2]. Их собирают в цилиндрический пучок, покрытый каркасом, при этом два пучка, установленные один над другим на центральном стержне, образуют тепловыделяющую сборку (ТВС) (рис. 1), которую погружают в бассейн выдержки (БВ) с образованием коридорных рядов (рис. 2).

При нейтрализации остаточных тепловыделений и предотвращении перегрева отработанных ТВЭЛов возникает проблема, связанная с нехваткой отбора тепловой мощности от ТВС к циркуляционной воде при аварийной работе, когда эта мощность возрастает с 1170 кВт до 1960 кВт, то есть почти в 1,7 раза.

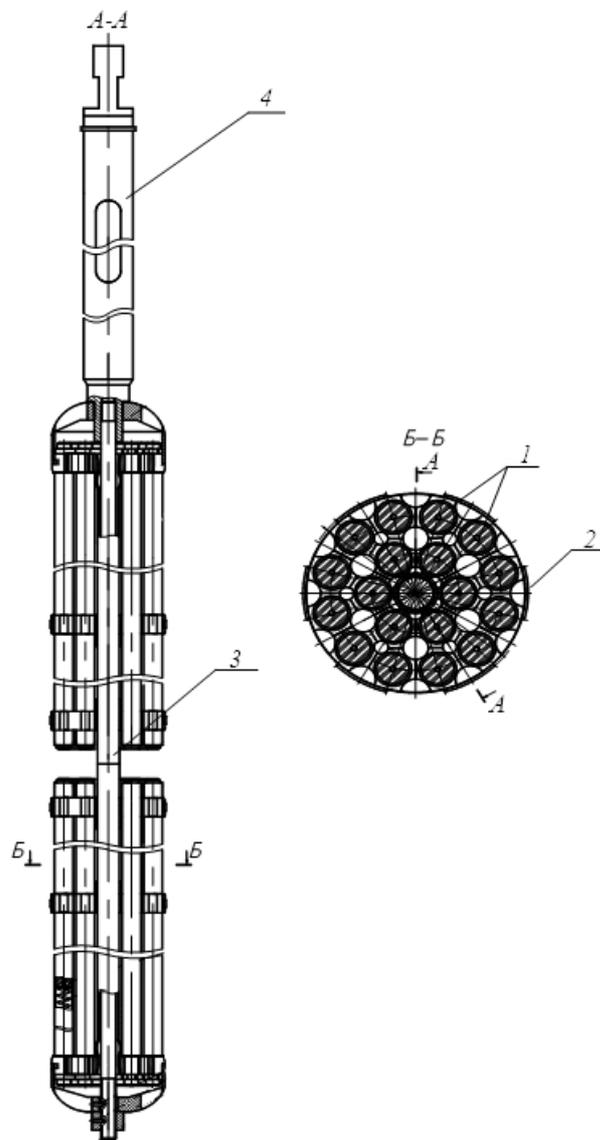


Рис. 1. Схема установки ТВЭЛов в каркасе и закрепления каркасов на центральном стержне с образованием тепловыделяющей сборки:  
 1 – ТВЭЛы; 2 – каркас; 3 – центральный стержень; 4 – штанга

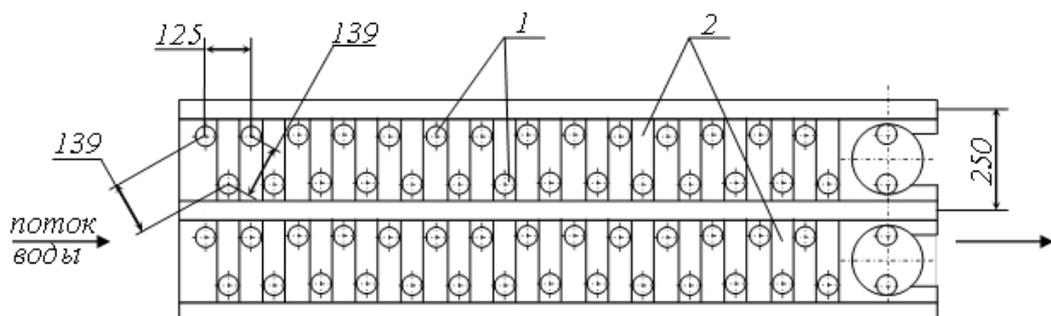


Рис. 2. План-схема размещения тепловыделяющих сборок (ТВС) в бассейне выдержки (БВ): 1 – ТВС; 2 – коридоры

Целью работы является повышение эффективности тепловых процессов от поверхности каркасов ТВС к циркуляционной воде БВ.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить возможность увеличения отбора тепловой мощности при увеличении поверхности теплоотдачи. Для этого предлагается на каркас ТВС установить съемные полугильзы с поперечными ребрами (рис. 3).

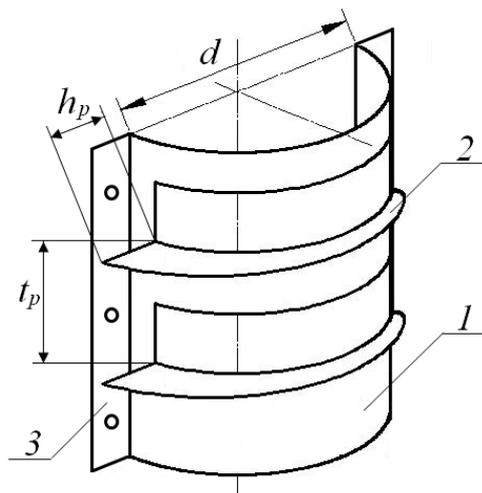


Рис. 3. Эскиз полугильзы с поперечными ребрами в аксонометрии:  
 1 – полугильза; 2 – поперечное ребро; 3 – манжета с отверстиями

Поперечные ребра вырезаны из боковой поверхности полугильз и отогнуты наружу. Это упрощает их изготовление и уменьшает массу. Отверстия в манжетах нужны для монтажа секций полугильз друг с другом с помощью винтов с гайками и плотного прижимания их внутренних поверхностей к поверхности каркаса. Для уменьшения гидравлического сопротивления и предотвращения образования застойных зон манжеты полугильз на каркасах ТВС в бассейне устанавливаются вдоль потока циркуляционной воды.

Возможен и другой вариант оребрения каркаса ТВС в виде полудисков (рис. 4).

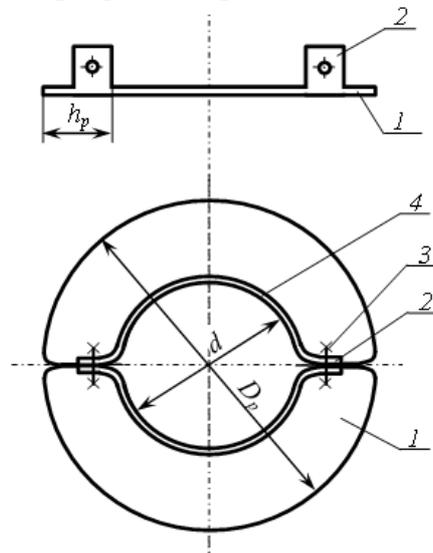


Рис. 4. Схема полудисков в сборке:  
 1 – ребро; 2 – манжета с отверстиями; 3 – крепежные детали;  
 4 – борт полудиска

Полудиски монтируются на каркасе ТВС с шагом  $t_p$  и скрепляются между собой с помощью крепежных деталей и плотно прижимаются внутренней поверхностью борта диска к наружной поверхности каркаса ТВС.

Было проведено математическое моделирование тепловых процессов, идущих при охлаждении ТВЭЛов циркуляционной водой. А также проведен расчет параметров для оребренных ТВЭЛов.

Расчеты показали, что для обеспечения устойчивого режима охлаждения каркасов ТВС при их аварийной выгрузке в бассейны выдержки необходимое увеличение тепловой

мощности в 1,7 раза можно обеспечить установкой на кожухах ТВС полугильз с поперечными ребрами (рис. 3) или полудисков (рис. 4), представляющих собой в сборке одно ребро, при этом расход воды увеличивается с 130 м<sup>3</sup>/час до 217,8 м<sup>3</sup>/час, а поверхность теплоотдачи в 1,4 раза. 10% запас по тепловой мощности позволяет снизить температуру поверхности каркасов до 67°С при допустимой температуре этой поверхности 70°С, и средней температуре циркуляционной воды 48,9°С, которая в бассейне выгрузки нагревается с 45°С до 55°С.

Таким образом, вместо установки съемных полугильз с ребрами или самих съемных ребер на поверхность каркаса можно рекомендовать заменить существующие каркасы ТВЭЛов в ТВС на оребренные каркасы.

Литература:

1. Отчет «Обоснование безопасности уплотненного хранения отработавшего ядерного топлива в приреакторных бассейнах выдержки энергоблоков первой очереди Курской АЭС». – Международный центр по ядерной безопасности (МЦЯБ), 2013. – 117 с.
2. «Смоленская АЭС. Обоснование безопасности обращения с ЯТ при переводе реактора на полномасштабную загрузку уран-эрбиевым топливом 2,8% обогащения». – АО «Атомэнергопроект», 2006. – 93 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В РАБОЧИХ ОРГАНАХ ЭКСТРУДЕРА**

Дьячкова Е.В., студентка ВПИ филиал ВолгГТУ, группа ВТМ-421;  
Володин Д.С., ассистент.

Экструдер – это машина для непрерывной переработки полимерного сырья в однородный расплав и придания ему формы путем продавливания через экструзионную головку и специальное калибрующее устройство, сечение которого соответствует конфигурации готового изделия.

Экструдруемый материал может поступать на переработку в виде гранул или порошка. Гранулы загружаются в бункер и через загрузочное отверстие поступают к червяку. Продвигаясь вдоль червяка, гранулы расплавляются, расплав продавливается через решетку и пакет фильтрующих сеток. Затем расплав проходит через конический диффузор в головку, в которой установлен профилирующий инструмент.

Целью нашей работы является исследование процесса движения материала в экструдере. В настоящее время существует значительное количество моделей, однако применение модели для конкретного экструдера требует значительной адаптации. Нашей задачей являлось применение модели для экструдера типа 45х25.

Математическая модель была получена на основе литературных источников. Модель построена на уравнениях движения, неразрывности потока и уравнении энергии, которое позволяет учитывать изменение температур в направлении движения материала. В качестве реологического уравнения состояния было выбрано степенное уравнение Освальда Де Вила, в котором учтено экспоненциальное изменение вязкости от температуры.

В результате исследования получены рабочие характеристики экструдера типа 45х25 в зависимости от скорости вращения червяка и температурные зависимости вдоль направления движения материала для различных режимов.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА *p*-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛА

Бутов Г.М.<sup>1</sup>, Иванкина О.М.<sup>1</sup>, Ильинский Д.В.<sup>1</sup>, Елисеев П.Ю.<sup>1</sup>,  
Дахно А.В.<sup>2</sup>, Рылеева И.М.<sup>2</sup>

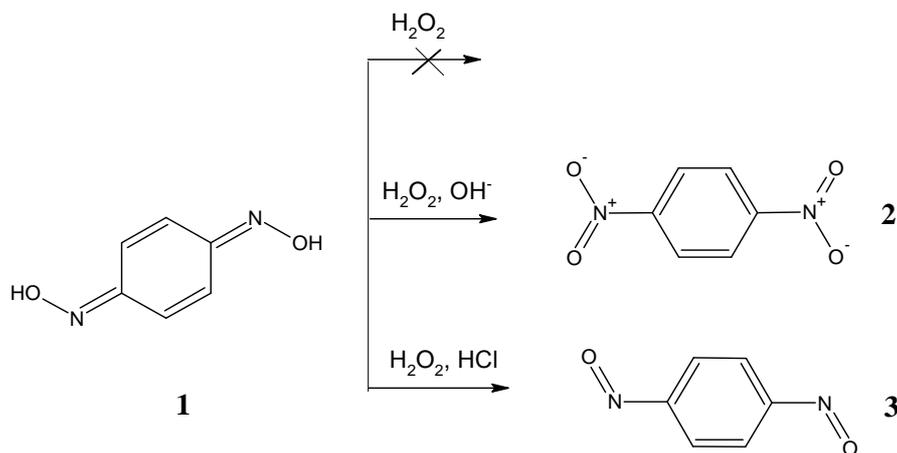
<sup>1</sup>Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

<sup>2</sup>Волжский научно-технический комплекс (филиал) Волгоградского государственного технического университета

*p*-Динитрозобензол (*p*-ДНБ) применяется как низкотемпературный вулканизирующий агент каучуков и адгезивов резина-металл [1]. Обычно в промышленности и лабораторной практике ПДНБ получают окислением *p*-бензохинондиоксима (*p*-БХД) различными окислителями.

Одним из первых способов получения *p*-ДНБ основан на окислении *p*-бензохинондиоксима (*p*-БХД) железосинеродистым калием в щелочной среде. В дальнейшем был разработан ряд способов получения *p*-ДНБ с использованием других окислителей: хлорида железа (III), хлора, азотной кислоты, гипохлорита или гипобромита натрия [2, 3, 4]. Перечисленные способы объединяет ряд существенных недостатков: необходимость утилизировать побочные продукты, токсичность применяемых окислителей, снижение выхода целевого продукта из-за протекания побочных реакций.

В связи с этим перспективным в синтезе *p*-ДНБ является использование экологически безопасного окислителя перекиси водорода. Известно, что в нейтральной среде перекись водорода не вступает в реакцию окисления с *p*-БХД (1). При проведении реакции в щелочной среде идет количественное образование *p*-динитробензола (2) [5]. В кислой среде (в присутствии соляной кислоты) происходит практически количественное образование *p*-ДНБ (3). Это связывают с тем, что хлорид-ион катализирует разложение перекиси водорода [6, 7]:



Для оптимизации стадии синтеза *p*-ДНБ было исследовано влияние времени окисления и избытка перекиси водорода на состав и выход целевого продукта. По требованиям нормативной документации содержание исходного *p*-БХД в готовом продукте не должно превышать 2%.

Для получения *p*-ДНБ в реактор загружали воду, *p*-БХД, соляную кислоту. Затем при перемешивании и температуре  $50^{\circ}C$  медленно дозировали расчетное количество 35%-ного раствора перекиси водорода. Реакционную массу выдерживали требуемое время. Далее продукт отфильтровывали, промывали водой и высушивали. Содержание *p*-БХД оп-

ределяли спектрофотометрически по известной методике. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Влияние времени окисления на состав и выход *n*-ДНБ

Время синтеза, час.	2,0	3,0	4,0	5,0
Содержание <i>n</i> -БХД, % масс.	3,1	2,4	1,91	1,9
Выход <i>n</i> -ДНБ, %	93,0	93,1	94,1	94,11

Таблица 2. Влияние избытка перекиси водорода на состав и выход *n*-ДНБ  
(время синтеза 4 часа)

Мольное соотношение <i>n</i> -БХД: перекись водорода	1:1	1:1,1	1:1,2
Содержание <i>n</i> -БХД, % масс.	3,15	1,91	1,9
Выход <i>n</i> -ДНБ, %	91,0	94,1	94,12

Как следует из приведенных данных, для получения *n*-ДНБ требуемого качества с максимально возможным выходом процесс следует проводить в течение 4-часов, используя 10%-ный избыток окислителя. Увеличение времени синтеза до 5 часов и избытка перекиси водорода до 20% является не целесообразным, т.к. не приводит к заметному увеличению выхода *n*-ДНБ и снижению содержания *n*-БХД.

Синтезированные образцы *n*-ДНБ были испытаны в составе лабораторной резиновой смеси Л-1-1 в лаборатории Волжского научно-технического комплекса. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3 Результаты испытаний вулканизатов

Наименование показателя	Норма	Фактически		
		Контрольный образец <i>n</i> -ДНБ	Образец №1*	Образец №2**
1. Условная прочность при растяжении, Мпа, не менее	5,0	7,3	5,1	5,3
2. Относительное удлинение при разрыве, % не менее	50	100	90	90
3. Пластичность, ед., в пределах	0,20-0,45	0,45	0,45	0,45
4. Плотность, кгс/см	(1,11-1,15)×10 <sup>3</sup>	1,13×10 <sup>3</sup>	1,13×10 <sup>3</sup>	1,13×10 <sup>3</sup>
5. Изменение массы после воздействия ДОС в течение 24ч., при температуре 60°С, %, в пределах	25±5	23,6	30,0	30,3

\*м.д.*n*-ДНБ 87%, м.д. *n*-БХД 1,7%;

\*\*м.д. *n*-ДНБ 94%, м.д. *n*-БХД 0,5%.

Проведенные сравнительные испытания резин с использованием синтезированного *n*-ДНБ и контрольного образца показали, что опытные резины по всем показателям соответствуют требованиям нормы, но несколько уступают контрольному образцу физико-механическим свойствам.

#### Литература

1.Тихонова Н.П., Гинзбург Л.В. и др. //Каучук и резина.1987, № 3. с.13.

2. Хищенко Ю.С., Макаров М.А. и др. // ЖПХ, 1969, т. XLII, вып. 10, с. 2384-2386.
3. А.С. СССР 395360 1973.
4. Хмельницкий Л.И., Новиков С.С. и др. Химия фуруксанов. М. Наука, 1996. с. 260.
5. Ермаков О.А., Комкова Ю.Ф. // ЖОрХ, 1984, том XX, вып. 10, с. 2252-2253.
6. Пат. RU 2266897 2005

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОРОПЛАСТОВЫХ НАСАДОК

П. С. Васильев, асс. кафедры ПАХП; К. В. Чёрикова, студент  
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

При создании новых и модернизации существующих аппаратов для тепло- и массообменных процессов важной задачей является выбор оптимальных насадочных контактных устройств, которые должны удовлетворять определенным требованиям.

Одним из актуальных направлений является применение поропластовых материалов для создания комбинированных насадочных контактных устройств, в которых свободный объём насадки будет использоваться для увеличения поверхности контакта фаз и интенсивности тепло- и массопередачи.

Насадки, применяемые для тепло- и массообменных процессов, характеризуются следующими основными характеристиками: свободный объём насадки (пористость)  $\epsilon$ , [м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>]; удельная поверхность насадки  $\sigma$ , [м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>]; эквивалентный диаметр насадки  $d_{\text{экв}}$ , [м].

Опытным путём была разработана методика определения основных характеристик для поропластовых насадок, которая заключается в следующем:

1) В условном масштабе сфотографирован образец полимерного материала (поропласта) размером 10×10×10 мм (рисунок 1).

2) В графическом редакторе масштаб фотографии был увеличен до размера, позволяющего провести визуальный учёт пор (капилляров) различного диаметра.

3) На основе подсчёта числа пор построена кривая распределения порозностного состава материала (рисунок 2), которая была составлена по обработке фотографии трех взаимно перпендикулярных плоскостей образца единичного объёма.

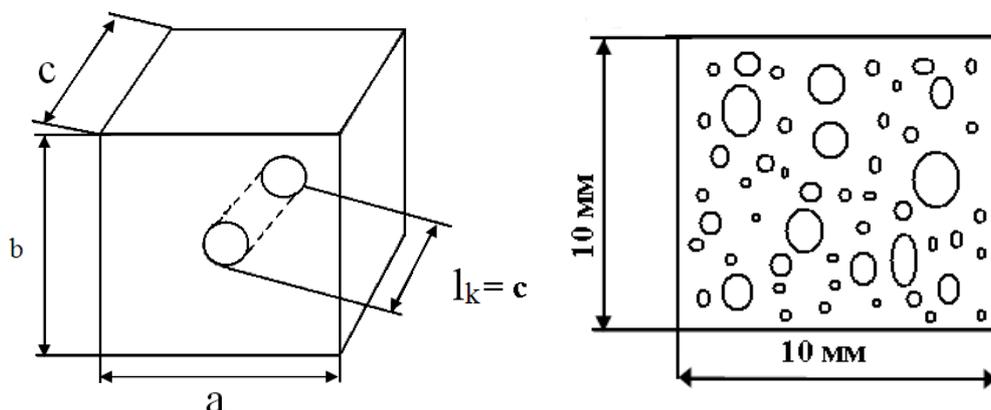


Рисунок 1 - Схема исследуемого поропластового образца

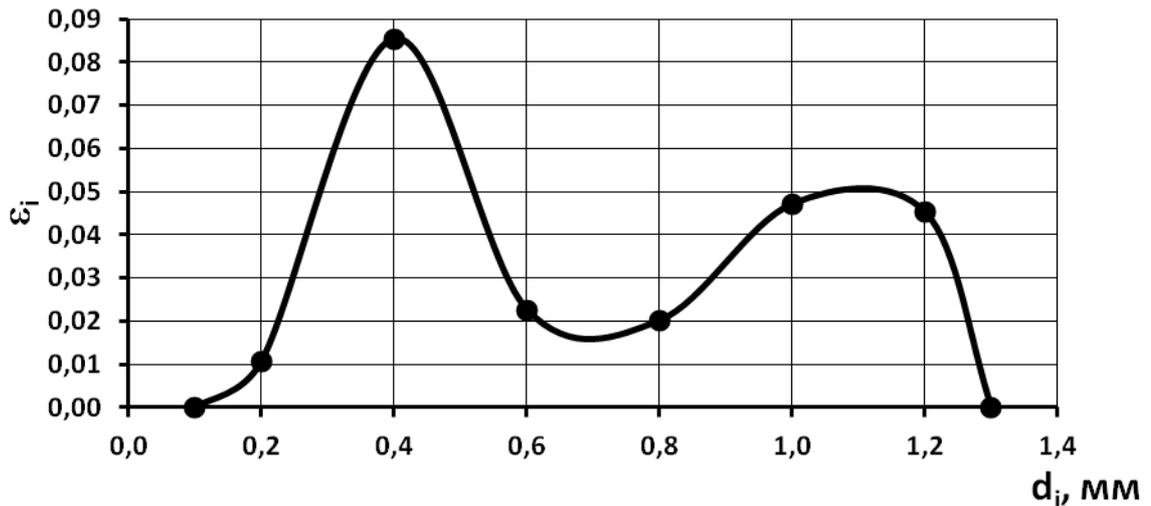


Рисунок 2 - Кривая распределения порозностного состава поропластового материала

Пористость образца единичного объема:

$$\varepsilon_i = \frac{V_k}{V} = \frac{F_k \cdot l_{ki}}{a \cdot b \cdot c} = \frac{F_k}{F} = \frac{\pi \cdot d_{ki}^2 \cdot N}{4 \cdot F} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i$$

где  $V_k, F_k, d_{ki}, l_{ki}, N$  - объём, площадь, диаметр, длина и число капилляров соответственно.

С учётом (1) имеем:  $\frac{F_k}{V_k} = \frac{4}{d_{ki}}$ . Отсюда:

$$F_k = 4 \cdot V \cdot \sum_{i=1}^N \left( \frac{\varepsilon_i}{d_{ki}} \right) \quad (2)$$

Поэтому удельная поверхность образца равна:

$$\sigma_i = \frac{\pi \cdot d_{ki} \cdot l_{ki} \cdot N}{V} \quad (3)$$

$$\sigma = \sum_{i=1}^N \sigma_i$$

4) В результате обработки данных были получены основные характеристики поропластовой насадки (кольца Рашига размером  $10 \times 10 \times 2$  мм):

$$\sigma = 926,44 \text{ м}^2/\text{м}^3; \quad \varepsilon = 0,751 \text{ м}^3/\text{м}^3; \quad d_{\text{эКВ}} = 3,241 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Экспериментальные исследования гидродинамики для поропластовых колец Рашига размером  $10 \times 10 \times 2$  мм, проводились в среде вода-воздух, с высотой слоя насадки 190 мм в колонне с диаметром 60 мм (рисунки 3 и 4).

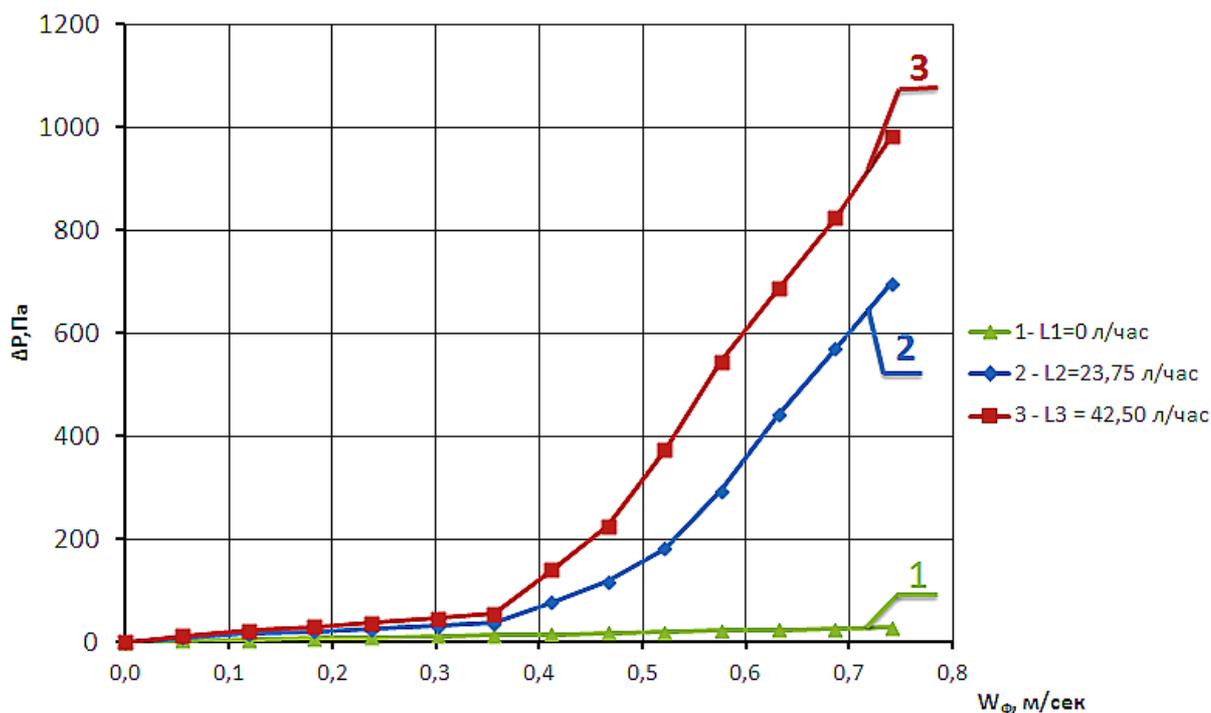


Рисунок 3 - Экспериментальная зависимость гидравлического сопротивления от фиктивной скорости газа для поропластовых колец Рашига 10×10×2 мм, высота насадки 190 мм

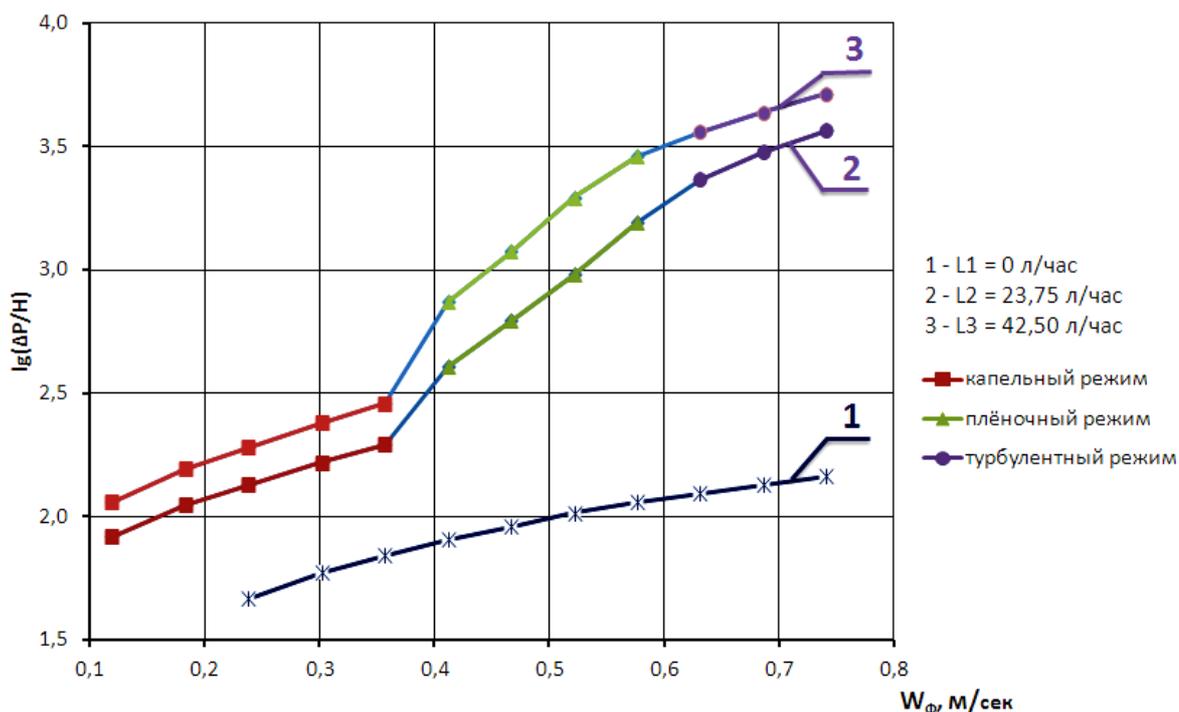


Рисунок 4 - Экспериментальная зависимость логарифма гидравлического сопротивления по высоте слоя насадки от фиктивной скорости газа для поропластовых колец Рашига 10×10×2 мм, высота насадки 190 мм

В результате математической обработки экспериментальных данных, были получены критериальные уравнения, характеризующие гидродинамические режимы работы этой насадки:

$$Eu_1 = 1422,747 \cdot Re_r^{-0,607} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,590} \quad (4)$$

$$Eu_2 = 2,010 \cdot 10^{-5} \cdot Re_r^{3,141} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{1,113} \quad (5)$$

$$Eu_3 = 0,895 \cdot Re_r^{1,197} \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,661} \quad (6)$$

где  $Re_r$  – критерий Рейнольдса для газового потока;  $L/G$  - относительное орошение.

Критериальные уравнения (4÷6) относятся для поропластовых колец Рашига  $10 \times 10 \times 2$  мм соответственно для капельного, плёночного и турбулентного гидродинамических режимов работы.

Значения критерия Рейнольдса в экспериментах лежали в диапазоне  $15 \div 210$ , а величина относительного орошения – в диапазоне  $2 \div 66$ . Средняя относительная ошибка полученных уравнений не превышает  $\delta_{cp} < 2,63\%$ ; отклонение отдельных точек не более  $\delta_{мин} \approx \delta_{макс} < 5,40\%$ .

Также получено обобщающее уравнение зависимости коэффициента сопротивления от Рейнольдса для сухих поропластовых колец Рашига размером  $10 \times 10 \times 2$  мм во всем экспериментальном диапазоне значений числа Рейнольдса:

$$\lambda_3 = \frac{160,432}{Re_r^{0,990}} \quad (7)$$

Средняя относительная ошибка уравнения (7) не превышает  $\delta_{cp} < 0,82\%$ ; отклонение отдельных точек не более  $\delta_{мин} \approx \delta_{макс} < 1,90\%$ .

Кроме того, получены уравнения для поправочного коэффициента, учитывающего превышение гидравлического сопротивления орошаемой насадки над сухой:

$$\frac{\Delta P_{ор}}{\Delta P_{сух}} = K = 0,8245 \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,2170} \cdot Re_{ж}^{0,3728} \quad (8)$$

$$\frac{\Delta P_{ор}}{\Delta P_{сух}} = K = 0,14 \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{-2,5865} \cdot Re_{ж}^{3,5063} \quad (9)$$

где  $Re_{ж}$  – критерий Рейнольдса для потока жидкости;  $L/G$  - относительное орошение.

Критериальные уравнения (8÷9) относятся для поропластовых колец Рашига  $10 \times 10 \times 2$  мм соответственно для капельного (8), плёночного и турбулентного гидродинамических режимов работы (9). Их средняя относительная ошибка не превышает  $\delta_{cp} < 7,50\%$ ; отклонение отдельных точек не более  $\delta_{мин} \approx \delta_{макс} < 17,2\%$ .

Проведённые исследования позволяют использовать полученные критериальные уравнения для расчёта промышленных аппаратов с поропластовой насадкой.

## УВЕЛИЧЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ И ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПУТЕМ МОДИФИКАЦИИ ВОЛОКНИСТЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

В. Ф. Каблов д.т.н., проф., Н. А. Кейбал д.т.н., проф., К. Ю. Руденко аспирант,  
А. А. Блинов студент, А. О. Мотченко студент

Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский  
e-mail: kablov@volpi.ru

Актуальной проблемой является огне- и теплозащита оборудования, конструкций, металлических и полимерных изделий.

Защита материалов от пожара стало важным вопросом в строительной отрасли. Использование огнестойких покрытия является одной из самых простых, экономичных и наиболее эффективных способов защиты материалов от огня, они легко обрабатываются и могут быть использованы в производстве. Покрытия предоставляют потребителю два основных преимущества: они могут защищать от проникновения тепла внутрь и от распространения пламени. Кроме того, они не изменяют внутренние свойства защищаемых материалов. Покрытия так же должны иметь высокую адгезию к подложке, а при использовании их для защиты полимерных и резиновых материалов, должны обладать эластичными свойствами. Одним из таких представителей являются покрытия на основе полихлоропренового каучука.

Целью работы является увеличение адгезионных и огнетеплозащитных свойств покрытий на основе полихлоропрена.

К объектам исследования относят составы на основе полихлоропрена марок – 88-НТ и 88-СА. В качестве модификаторов для исследования использовались 4 вида измельченных волокон: полиамидные размером 1-3 мм, углеродные размером 2-3 мм, базальтовые размером 5-10 мкм и асбестовые размером 2-3 мм.

Адгезия и огнетеплозащитные свойства разработанных покрытий исследовалась на вулканизованных резинах на основе различных каучуков.

При определении влияния типа и содержания волокнистых наполнителей на адгезионные свойства покрытий описанных выше было выявлено, что введение в композиции волокнистых наполнителей в количествах 0,1 – 0,5% приводит к повышению прочности адгезионной связи покрытия с резиной в среднем на 40% для состава 88-НТ и 20% для состава 88-СА. (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние типа и содержания волокнистых наполнителей на адгезионные свойства покрытий на основе составов серии 88 при склеивании резин [1-3]

Тип волокна	Тип каучука в резине			
	СКИ-3	СКЭПТ-40	СКН-18	ХК
Прочность при сдвиге, МПа				
Покрытие марки 88-НТ				
Без наполнителя	0,62	0,60	0,57	1,45
Полиамидные	0,80 (0,3%)	0,93 (0,3%)	0,78 (0,5%)	1,78 (0,5%)
Углеродные	0,56 (0,1%)	0,39 (0,1%)	0,61 (0,3%)	1,02(0,5%)
Базальтовые	0,70 (0,3%)	0,70 (0,3%)	0,64 (0,3%)	1,78(0,5%)
Асбестовые	0,66 (0,3%)	0,69 (0,5%)	0,91 (0,3%)	1,24 (0,3%)
Покрытие марки 88-СА				

Без наполнителя	0,88	0,66	0,53	1,49
Полиамидные	0,70(0,3%)	0,67(0,1%)	0,68(0,1%)	1,23(0,5%)
Углеродные	0,68(0,5%)	0,57(0,3%)	0,56(0,1%)	1,17(0,1%)
Базальтовые	0,80(0,3%)	0,66(0,3%)	0,55(0,1%)	1,27(0,1%)
Асбестовые	0,86 (0,5%)	0,71 (0,5%)	1,09 (0,1%)	1,09 (0,3%)

В скобках указано %-ное содержание добавляемых волокон

На рисунке 1 показаны микрофотографии распределения волокон в плёнке покрытия при 50 кратном увеличении.

Можно предположить, что усиление адгезионного взаимодействия идёт по двум механизмам:

- горизонтальное расположение волокон усиливает когезионную прочность клеевой плёнки. Данный механизм хорошо известен в литературе и наглядно подтверждается микрофотографиями выше.

- на поверхности плёнок наблюдалось частичное вертикальное расположение волокон, что приводило механическому заклиниванию их в порах и неровностях резиновой подложки, тем самым увеличивая адгезионную прочность клея [4].



Рисунок 1 – Микрофотографии волокон в клеевой плёнке при 50-кратном увеличении

Испытания составов 88-НТ и 88-СА в качестве огнетеплозащитных покрытий показали, что образцы на основе СКИ-3 без покрытия прогреваются до 200 °С за 110с, а с нанесенным покрытием могут выдерживать более продолжительный нагрев до 310 с – для состава 88-НТ, аналогичные результаты получены с составом 88-СА. Установлено, что наилучшие теплозащитные результаты показали покрытия на основе состава 88-НТ содержащие асбестовые волокна в количестве 1 – 1,5% и покрытия на основе 88-СА содержащие углеродные волокна – 1,5%.

Таким образом, в результате проведенных исследований было определено, что введение волокнистых наполнителей в составы на основе полихлоропрена способствует не только увеличению адгезионных, но и огнетеплозащитных свойств покрытий на их основе.

Работа выполнена при поддержке проекта «Разработка модификаторов и функциональных наполнителей для огне-, теплозащитных полимерных материалов» выполняемого вузом в рамках государственного задания Минобрнауки России.

#### Библиографический список

1. Руденко К.Ю. Модификация клеевых составов на основе полихлоропрена волокнистыми наполнителями / Руденко К.Ю., Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф. // Клеи. Герметики. Технологии. -2011. - № 12. - С. 21-23
2. Пат. 2435805 РФ, МПК С 08 L 11/00. Клеевая композиция / Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф., Руденко К.Ю., Мунш Т.А. – Заявл. 17.06.2010; опубли. 10.12.2011, Бюл. № 34.

3. Пат. 2448997 РФ, МПК С 09 J 111/00. Клеевая композиция / Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Каблов В.Ф., Руденко К.Ю. – Заявл. 17.06.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. № 12.
4. Кейбал Н.А., Модификация эластичных клеевых составов и покрытий элементсодержащими промоторами адгезии: монография / В.Ф. Каблов, С.Н. Бондаренко, Н.А. Кейбал. ВПИ (филиал) ВолГТУ. – Волгоград. ИУНЛ ВолГТУ, 2010. 238с.

### **РАЗРАБОТКА ФОСФОРБОРАЗОТСОДЕРЖАЩЕГО МОДИФИКАТОРА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АДГЕЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ КАУЧУКОВ**

Каблов В.Ф. директор ВПИ, д.т.н., профессор, Кейбал Н.А. д.т.н., профессор кафедры ВТПЭ, Митченко А.Е. магистрант кафедры ВТПЭ,  
Емельянова Ю.Ю. студент 4 курса.

*Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ «Волгоградский государственный технический университет», 404121, г. Волжский, Волгоградская область, ул. Энгельса 42а*

*[www.volpi.ru](http://www.volpi.ru), e-mail: [anastasia.mitchenko@yandex.ru](mailto:anastasia.mitchenko@yandex.ru)*

В настоящее время ряд ведущих отраслей промышленности, таких как строительство, автомобильная промышленность, самолето-, судо- и приборостроение, химическая, электротехническая и радиотехническая отрасли промышленности — предъявляют новые и значительно более высокие требования к прочностным, технологическим и эксплуатационным характеристикам клеев и клеевых соединений. Это приводит к необходимости исследования и разработки способов увеличения прочности адгезионных соединений путем применения новых промоторов адгезии в клеевых композициях на основе хлорсодержащих каучуков, широко применяющихся в производстве клеев горячего и холодного отверждения. В связи с этим на современном этапе развития отечественной промышленности актуальным является проблема создания клеевых композиций, способных давать более прочные и долговечные соединения [1].

Введение модифицирующих добавок является одним из самых распространенных способов создания полимерных материалов с комплексом ценных и улучшенных свойств.

В данной работе рассматривалась возможность синтеза фосфорборазотсодержащей модифицирующей добавки и его применение в клеевых композициях на основе хлорированного натурального и хлоропренового каучуков с целью улучшения адгезионных свойств.

Изучены некоторые свойства фосфорборазотсодержащего модификатора (ФЭДА), который является продуктом взаимодействия фосфорборсодержащего олигомера (ФБО), эпоксидной диановой смолы ЭД-20 и анилина при различных массовых соотношениях [2]. В результате исследований был выбран состав, в котором содержащиеся летучих веществ не превышает 1% и температура плавления составляет 88°C. В дальнейшем данный модификатор применялся для повышения адгезионной прочности клеевых композиций на основе ХНК марок CR-10, CR-20 и S-20, а также клеев серии 88.

Проведена оценка прочности связи вулканизированной резины на основе СКИ-3 друг с другом и с металлом (Ст. 3) на примере клеевых составов на основе ХНК марок CR-10, CR-20 и S-20, а также клеев серии 88, модифицированных ФЭДА. Установлено, что наибольшие показатели адгезионной прочности достигаются при введении фосфорборазотсодержащей добавки в указанные составы в количестве 0,5 – 1%. Прочность клеевого соединения возрастает в среднем на 15 – 20%.

Кроме того, проводились испытания пленок на основе приготовленных клеевых композиций на горючесть, в результате чего было установлено, что пленки на основе композиций, содержащих ФЭДА, обладают стойкостью к горению, что может объясняться

наличием в составе модификатора атомов фосфора, бора и азота, являющихся ингибиторами процессов горения и окисления.

Таким образом, нами выявлено, что фосфорборазотсодержащие модификаторы являются эффективными промоторами адгезии клеевых композиций на основе хлорсодержащих каучуков при склеивании вулканизированных резин между собой, а также при склеивании вулканизированной резины на основе СКИ-3 к металлической поверхности.

Работа выполнена при поддержке проекта «Разработка модификаторов и функциональных наполнителей для огне-, теплозащитных полимерных материалов» выполняемого вузом в рамках государственного задания Минобрнауки России.

### Список литературы

1. Митченко А.Е. Разработка клеевых составов на основе хлорсодержащих каучуков, модифицированных аминофосфорборсодержащими добавками с улучшенными адгезионными свойствами / Митченко А.Е., Провоторова Д.А., Кейбал Н.А., Каблов В.Ф // Современные проблемы науки о полимерах : прогр. и тез. докл. 10-й Санкт-Петербургской конференции молодых ученых (Санкт-Петербург, 10-13 нояб. 2014 г.) / Институт высокомолекулярных соединений РАН [и др.]. – СПб., 2014. – С. 107.

2. Лобанова, М.С. Синтез нового фосфорборазотсодержащего олигомера и эффективность его применения как антипирена в составе вспучивающегося огнезащитного покрытия / М.С. Лобанова, В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, С.Н. Бондаренко, А.Н. Гарашенко // Олигомеры – 2013: сб. тр. XI междунар. конф. по химии и физикохимии олигомеров, Ярославль, 9-14 сент. 2013 г. / Ин-т хим. физики им. Н.Н. Семёнова РАН, ИПФХ РАН, Ярославский ГТУ. - М.; Черноголовка; Ярославль, 2013. - Т. 2. - С. 64.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ФОРМАТОРА-ВУЛКАНИЗАТОРА.

Волжский Политехнический Институт (филиал) ВолгГТУ.

Студент: Колтунов П.А. Научный руководитель: старший преподаватель Мокрецова И.С.

Форматоры-вулканизаторы являются наиболее распространенным видом оборудования для вулканизации покрышек пневматических шин. Поскольку операции формования и вулканизации покрышек совмещены в одной машине, то исключается необходимость в установке многих вспомогательных механизмов, как в случае вулканизации в автоклав-прессах и индивидуальных вулканизаторах. Современные конструкции форматоров-вулканизаторов механизированы и автоматизированы, поэтому все процессы в них производятся автоматически с помощью специальных приборов и средств автоматики по заданной программе. По принципу действия форматоры-вулканизаторы делятся на три группы: с выдвигающейся диафрагмой ( типа бег-о-матик), с убирающейся диафрагмой ( типа автоформ) и без-диафрагменные.

Работа форматора-вулканизатора осуществляется следующим образом. Покрышка захватывается и опускается в нижнюю половину пресс-формы на диафрагму. После загрузки покрышки, верхняя половина пресс-формы опускается вниз, давит покрышку и совместно с диафрагмой, внутрь которой подается формирующий пар, осуществляет формование. Затем при замкнутой пресс-форме в диафрагму подают перегретую воду - идет вулканизация, пар в паровых плитах находится постоянно и не сбрасывается даже во время перезагрузки. По окончании вулканизации осуществляют сброс перегретой воды из диафрагмы. Затем верхняя половина пресс-формы поднимается, покрышка вместе с диафрагмой поднимается над нижней половиной пресс-формы. Потом под покрышку заводится вилка разгрузочного устройства, которая сбрасывает ее на роликовый транспортер

Процесс вулканизации является завершающим этапом создания покрышек, камер и других резинотехнических изделий. При вулканизации происходит нагрев и формирование будущей структуры покрышки. «Сырая» покрышка поступает в

форматор–вулканизатор, верхняя крышка герметично закрывается и происходит нагрев заготовки посредством подведения перегретого пара в паровую камеру вулканизатора и в диафрагму. Сначала в вулканизатор подводится пар низкого давления и температуры для разогревания заготовки и самого аппарата. Затем при прошествии определенного времени подается пар более высоких параметров и давления, происходит процесс формирования рисунка изделия–протектора, а также происходит формирование структуры резины.

Пар подается по технологическим трубопроводам и имеет нестабильные параметры (температуру и давление), что может повлиять на качество изготавливаемой продукции или привести к поломке дорогостоящего оборудования (превышение температуры и давления).

$W_1(p) = \frac{1.209}{1.031 \cdot p + 1} e^{-4.803p}$  – передаточная функция по каналу (расход пара – температура внутри паровой камеры);

$W_2(p) = \frac{0.533}{0.141 \cdot p + 1} e^{-7.801p}$  – передаточная функция по каналу (расход пара – давление внутри паровой камеры);

$W_3(p) = \frac{1.154}{0.779 \cdot p + 1} e^{-5.935p}$  – передаточная функция по каналу (температура пара – температура внутри паровой камеры);

$W_{da}(p) = \varepsilon_{\delta 1} \left( 1 + \frac{1}{O_{E1} \cdot p} \right)$ , где  $\varepsilon_{\delta 1} = 0.212$ ,  $O_{E1} = 235$  – передаточная функция вспомогательного регулятора;

$W_{da}(p) = \varepsilon_{\delta 2}$ , где  $\varepsilon_{\delta 2} = 2.447$  – передаточная функция вспомогательного регулятора;

$W_k(p) = \frac{1.031 \cdot (1.218 \cdot p + 1) \cdot p}{(1.031 \cdot p + 1) \cdot (0.1 \cdot 1.218 \cdot p + 1)}$  – передаточная функция компенсатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов Б.Г. Технология производства пневматических шин. - М.: Энергоатомиздат, 1976.
2. Форматор-вулканизатор шин ФВ-740-2200-610/1067. Руководство по эксплуатации. 2006г.

## ИННОВАЦИОННЫЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Г.М.Кондрашов, Президент «Академии бизнеса и управление собственностью» г. Волгоград

Обеспечение коррозионной стойкости бетона при эксплуатации в агрессивных средах одно из наиболее актуальных направлений в развитии современной строительной науки и практики.

В современном строительстве при изготовлении конструкций и производстве защитных материалов наметилась четкая тенденция к использованию новых ресурсно- и энергосберегающих экологически чистых технологий, обеспечивающих максимальную заводскую готовность коррозионностойких изделий и комплексную защиту зданий и сооружений в целом.

Впервые предложено использовать модифицированные водные системы винилового ряда для повышения коррозионной стойкости бетона и железобетона.

Для интенсификации процесса пропитки необходимо внешнее воздействие. Частицы полимеров в водной дисперсионной среде обладают электрическим зарядом, что позволяет использовать электрический ток и обеспечить эффективное проникание полимера в бетон. На границе раздела фаз между твердым телом и жидкостью в результате избирательной адсорбции заряженных ионов возникает разность потенциалов. В электрическом поле происходит смещение ионов, в результате чего частица приобретает электрический заряд (поляризуется). Проведенными исследованиями выявлено что частицы латекса ВХВД – 65 имеют отрицательный заряд. Анализ результатов исследований показал, что наиболее простым и эффективным из рассмотренных электрофизических способов интенсификации процесса является пропитка железобетона водными дисперсиями полимеров винилового ряда с использованием переменного тока промышленной частоты и эффекта электрического резонанса. Проникание латекса в пористую структуру бетона происходит за счет возникновения постоянной составляющей тока, в результате фарадеевского выпрямления на границе: «сталь - бетон».

В предложенной технологии пропитка свай рассматривается в электрической цепи как элемент, обладающий свойствами активного сопротивления. Для использования электрофизических методов пропитки водной системой латекса ВХВД – 65 при отрицательных температурах воздуха разработано устройство для получения тепловой энергии из электрической. Устройство (патент № 147510) для получения тепловой энергии из электрической, содержащее теплосъемную поверхность с размещенными внутри нее теплоносителем и электронагревательным элементом с токоподводящими выводами. Электронагревательный элемент, выполненный в виде инфракрасного излучателя в окружении теплоаккумулирующего вещества. Регулируемая тепловая энергия поддерживает необходимую положительную температуру при отрицательной температуре воздуха, что обеспечивает сохранность водной дисперсии и круглогодичную всесезонную пропитку коррозионностойких железобетонных конструкций. Нагреватель обеспечивает экономию энергии до 80 %.

Фундаментальный источник нашего развития – энергия. Основа промышленной цивилизации всегда было все возрастающее потребление энергии и воды. Этот спрос может быть удовлетворен внедрением научно-технических нововведений, снижением прямого энергопотребления. К сожалению, у этого товара низкая эластичность т.к. между энергией и трудом существует зависимость. Движущей силой энергосбережения являются инновации. Увеличение цены на энергоресурсы на 1 руб. увеличивают цены на конечную продукцию на 5-6 руб., за счет цепных производственных связей.

Должна быть целенаправленная энергосберегающая политика. Для экономии воды и электроэнергии разработаны экораторы и новые электрические конфорки для приготовления пищи. Поток воды, который протекает через сеточку экоратора в месте загрузки концентрируется давлением. Расширенная мембрана с определенным количеством и диаметром отверстий, дает возможность воде равномерно распределить давление по площади всего экоратора. Поэтому, сверху расширенной мембраны, благодаря специальной форме, создается область высокого давления, а с обратной стороны мембраны образуется вакуум. В свою очередь разница давлений заставляет подниматься воздух извне через специальные отверстия расположенные по периметру и насыщать поток пузырьками воздуха, который вытесняет до 70 % воды. Таким образом, экономный экоратор образует поток воздушно – водяной смеси в приближенной пропорции 2/3 воздуха на 1/3 воды. Мембрана толщиной 0,4 – 0,5 мм, изготавливается из пищевого термостойкого фторопласта высокого давления и устанавливается перед отверстиями для прохода воды в экораторе и стопорится сверху сеточкой. При поступлении воды на мембрану создается высокое давление и по расчетным отверстиям вода поступает на другую сторону экоратора, где при резком расширении происходит подсос воздуха, в результате этого создается водо – воздушная струя, которая и используется для бытовых нужд. При этом сокращается расход воды до 70 % которая замещается воздухом. Комфорт пользования водой не снижается. Отличие мембраны от любых других в том, что применяются отверстия нестан-

дартной формы (не круглые как у всех прототипов) треугольные, строго рассчитанные по направлению ориентации и площади прохода, что создает более эффективные условия для подсоса и перемешивания воздуха. Мембрана централизуется специальными крепежными деталями, выполненными в одном изделии и это обеспечивает равномерную струю воды – воздушной смеси выходящей из крана. К примеру экоратор производства Германии с мембраной с круглыми отверстиями и с довольно сложной конструкцией стоит на заводе 3,69 евро. С учетом доставки, растаможивания и уплаты всех налогов его себестоимость составляет 5 евро. При этом себестоимость экономного экоратора составляет 2 евро. Поэтому затраты на проведение мероприятий по экономии воды доступны любому потребителю. Обслуживание очень простое, срок службы экораторов более 10 лет. Для полной очистки экоратора от накипи и всех загрязнений, связанных с качеством воды, разработан универсальный электронный прибор. Разработанные энергосберегающие конфорки обеспечивают экономию энергии до 50 %. Срок окупаемости энергосберегающих конфорок не более 7 месяцев. Экономический эффект от предложенных материалов и технологий только в Волгоградском регионе превышает несколько млрд. руб.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕ- И ТЕПЛОСТОЙКОСТЬЮ, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫЕ ОКСИДЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Д. т. н., профессор В.Ф. Каблов, д. т. н., профессор О.М. Новопольцева, аспирант В.Г. Кочетков, магистрант А.Г. Лапина, студент 5 курса М. А. Евченко

*Волжский политехнический институт ВПИ (филиал) ФГБОУ «Волгоградский государственный технический университет»*

*rinnelistien@mail.ru*

Использование резины во многих отраслях промышленности обуславливает большой спектр требований к ним, в том числе – повышенную огнетеплостойкость.

Цель исследования - поиск наполнителей, обеспечивающих повышение огнетеплостойкости эластомерных материалов на основе различных типов каучуков. Объектом исследования являются вулканизаты на основе этиленпропилендиенового каучука СКЭПТ-50 и бутадиев-стирольного каучука СКМС-30 АРКМ-15 с серной вулканизирующей группой [1 – 3]. В качестве теплоогнезащитной добавки предложен микродисперсный диоксид циркония ( $ZrO_2$ ).

Оптимальное сочетание высоких физико-механических показателей и огнетеплостойкости вулканизатов на основе СКЭПТ-50 достигается при соотношении наполнителей технический углерод (ТУ) :  $ZrO_2$  30 : 10 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Кроме того, при таком соотношении наполнителей увеличивается скорость вулканизации, снижается индукционный период. Оптимальное сочетание высоких физико-механических показателей и огнетеплостойкости вулканизатов на основе СКМС-30 АРКМ-15 достигается при соотношении наполнителей ТУ :  $ZrO_2$  25 : 15 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Кроме того, при таком соотношении наполнителей увеличивается скорость вулканизации, индукционный период не изменяется.

Теплозащитные свойства вулканизатов оценивали по времени нагрева обратной стороны образца в виде шайбы толщиной 6 мм пламенем плазмотрона до 100 °С. Теплостойкость образцов на основе СКЭПТ-50 и СКМС-30 АРКМ-15 с введением  $ZrO_2$  увеличивается на 72% и 45% соответственно.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для повышения огнетеплостойкости изделий на основе СКЭПТ-50 и СКМС-30 АРКМ-15 может быть использован  $ZrO_2$ .

Литература

1. V.F. Kablov, O.M. Novopol'tseva, V.G. Kochetkov, N.V. Kostenko, K.A. Kalinova, G.E. Zaikov / Influence of transition metal compounds on fire and heat resistance of rubber mixtures // *Вестник Казанского технологического университета*. **2014**.-Т. 17.-№ 8. С. 134-135.
2. К.А. Калинова, О.М. Новопольцева, В.Ф. Каблов, В.Г. Кочетков / Исследование соединений переходных металлов в качестве ингредиентов резиновых смесей // *Современные наукоёмкие технологии*. - **2014**. - № 7 (ч. 2). - С. 101-102.
3. Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Кочетков В.Г., Лапина А. Г./ Изучение влияния соединений переходных металлов на огнетеплостойкость эластомерных композиций // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. - **2014**. - Т. 13- № 22(149). - С. 68-71.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРЕМНЕКИСЛОТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ СИЛАНАМИ, НА ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Д. т. н., профессор В.Ф. Каблов, д. т. н., профессор О.М. Новопольцева, аспирант С.В. Лапин, аспирант В.Г. Кочетков,  
магистрант А.Г. Лапина, студент 5 курса Н.А. Майер  
*Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»,  
404121, Волжский, ул. Энгельса, 42а, www.volpi.ru;  
e-mail: rinnelistien@mail.ru*

Особый интерес представляют композиционные полимерные материалы с теплостойкостью выше 200 °С, изделия из которых могут длительное время эксплуатироваться при повышенных температурах [1,2]. Эта задача решается введением в композицию функционально активных наполнителей.

Цель работы – изучение возможности замены технического углерода на белую сажу для увеличения огнетеплостойкости эластомерных композиций.

Объектом исследования являлась резиновая смесь на основе этиленпропилендиенового каучука СКЭПТ-40 с серной вулканизующей группой. В качестве наполнителя (30 масс. ч.) использовались технический углерод марки ТУ П234 (контрольный образец) и белая сажа марки БС-120, модифицированная силаном Si-694, содержание которого изменялось от 0 до 1,75 масс. ч.

Кинетические параметры резиновых смесей определялись с помощью реометра MDR 3000 Professional.

Введение в состав резиновой смеси модифицированной белой сажи по сравнению с техническим углеродом увеличивает индукционный период при сохранении скорости вулканизации и оптимального времени вулканизации.

Для оценки теплостойкости полученных вулканизатов определялась зависимость температуры на необогреваемой поверхности образца толщиной 12 мм от времени прогрева до 100 °С, при действии на него открытого пламени плазматрона. На поверхности создавалась температура порядка 2000 °С.

Равно массовая замена технического углерода на белую сажу практически не изменяет физико-механические свойства вулканизатов, но повышает огнестойкость на 84-105 % в зависимости от содержания силана: с увеличением его массовой доли огнестойкость снижается.

Таким образом, проведенные исследования показали, что равно массовая замена технического углерода на белую сажу позволяет повысить огнетеплостойкость эластомерных композиций.

Библиографический список:

4. Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Кочетков В.Г., Лапина А. Г./ Изучение влияния соединений переходных металлов на огнетеплостойкость эластомерных композиций // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2014. - Т. 13- № 22(149). - С. 68-71.

5. Исследование эластомерных материалов с микродисперсными отходами карбида кремния / Каблов В.Ф., Новопольцева О.М., Кочетков В.Г. [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4; URL: [www.science-education.ru/110-9971](http://www.science-education.ru/110-9971)

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕШАЛКИ С ГИДРОМУФТОЙ**

Н.С. Потапова, студент-магистр, ВолгГТУ, Волгоград, Ю.А. Лыско студент, ВолгГТУ, Волгоград, А.Б. Голованчиков, профессор, ВолгГТУ, Волгоград, А.А. Шагарова, доцент, ВолгГТУ, Волгоград

При перемешивании жидких сред перспективным направлением является использование оборудования, которое позволяет увеличивать турбулизацию и циркуляцию потоков при незначительном увеличении энергопотребления и металлоемкости [1,2].

В комбинированных мешалках быстроходные вращающиеся элементы мешалки совмещаются с тихоходными, что обеспечивает равномерное распределение перемешиваемой среды по всему объему аппарата.

Для увеличения интенсивности и эффективности перемешивания высоковязких неньютоновских жидкостей, растворов, эмульсий и суспензий по всей высоте аппарата на кафедре «ПАХП» ВолгГТУ разработаны конструкции смесителей с комбинированными мешалками [3].

Дальнейшим усовершенствованием конструкции смесителя является разработка комбинированного смесителя с гидромуфтой, отличительной особенностью которого является то, что вал быстроходной мешалки выполнен в виде полосы из упругого материала и представляет собой торсионный амортизатор. В случае, когда кольцевой зазор между рабочими поверхностями сегментов полых цилиндров ведущей и ведомой полумуфт наименьший, то скорость вращения быстроходной мешалки с валом замедляется, а упругий материал полосы накапливает потенциальную энергию. При переходе от минимального зазора к максимальному, упругая энергия полосы превращается из потенциальной в кинетическую, приводя к увеличению скорости вращения быстроходной мешалки.

На основании разработанной конструкции создан опытный образец комбинированной мешалки. Проверка работоспособности комбинированной мешалки осуществлялась на экспериментальной установке, созданной на базе перемешивающего устройства ES - 8300D.

Целью работы является разработка методики экспериментальных исследований и проведение сравнительного анализа влияния кинематических характеристик быстроходной пропеллерной и комбинированной мешалок на интенсивность и эффективность перемешивания.

Экспериментальные исследования

Значение напряжения в сети:  $U=226$  В

1 Плотность эмульсии определяется следующим образом:

$$\frac{1}{\rho_{см}} = \frac{x}{\rho_1} + \frac{1-x}{\rho_2} = \frac{0,5}{1000} + \frac{0,5}{925} = 960,6 \text{ кг} / \text{м}^3$$

где  $\rho_1, \rho_2$  – плотность воды и подсолнечного масла;

$x$  – массовая доля компонента в смеси.

2 Определение вязкости эмульсии:

$$\lg \mu_{см} = x_1 \cdot \lg \mu_1 + (1 - x_1) \cdot \lg \mu_2 = 0,5 \cdot \lg 62,2 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot \lg 0,96 \cdot 10^{-6} = 0,0061 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

где  $\mu_1, \mu_2$  – динамические вязкости воды и подсолнечного масла;

$x_1$  – мольная доля компонента в смеси.

3 Критерий мощности  $K_N$ :

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d_m^5}$$

где  $N$  – мощность, затраченная на перемешивание;

$\rho$  – плотность эмульсии;

$n$  – число оборотов мешалки;

$d_m$  – диаметр мешалки.

4 Критерий Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu}$$

5 Коэффициент эффективности перемешивания

$$\Theta = \frac{\tau_{пол}}{\tau_{эм}}$$

где  $\tau_{пол}$  – время расслоения исследуемой эмульсии;

$\tau_{эм}$  – время расслоения эталонной эмульсии.

6 Коэффициент интенсивности перемешивания

$$I = \frac{N}{V}$$

где  $V$  – объем перемешиваемой жидкости.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований.

1 В емкость для перемешивания заливаются исходные вещества – подсолнечное масло и вода, в соотношении 1:1.

2 Устанавливается нужная мешалка в патрон.

3 На блоке питания устанавливается частота вращения двигателя.

4 Измеряется напряжение в сети и сила тока до начала перемешивания.

5 Включается двигатель мешалки, ведется процесс перемешивания до получения устойчивой эмульсии и записываются показания мультиметра. Показания снимались при 3-х различных числах оборотов мешалок.

6 Готовится эталонная эмульсия при перемешивании на пропеллерной мешалке.

7 Определяется эталонное время расслоения эмульсии –  $\tau_{эм}$ .

8 Определяются физические параметры эмульсии: плотность и коэффициент динамической вязкости.

9 Определяется критерий Рейнольдса.

10 Определяется мощность, расходуемая на перемешивание  $N$ .

11 Вычисляется критерий мощности  $K_N$

12 Обрабатываются экспериментальные данные в виде графической зависимости  $N=f(n)$ .

13 Рассчитываются коэффициенты эффективности и интенсивности

14 Обрабатываются графические зависимости эффективности от числа оборотов и интенсивности от числа оборотов  $\Theta = f(n)$ ,  $I = f(n)$ .

Результаты опытов усреднялись по 3-м значениям параметров. В ходе экспериментальных исследований фиксировалось время расслоения эмульсии.

В качестве рабочих жидкостей использовались: вода и подсолнечное масло, практически несмешиваемые жидкости, в соотношении 1:1. Конечным продуктом перемешивания является эмульсия.

При перемешивании получен эффект крутильных колебаний вала с быстроходной мешалкой, способствующий тиксотропному разжижению высоковязких неньютоновских жидкостей, уменьшению их эффективной вязкости и увеличению эффективности микросмешения в зоне работы быстроходной мешалки.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках 1,2.

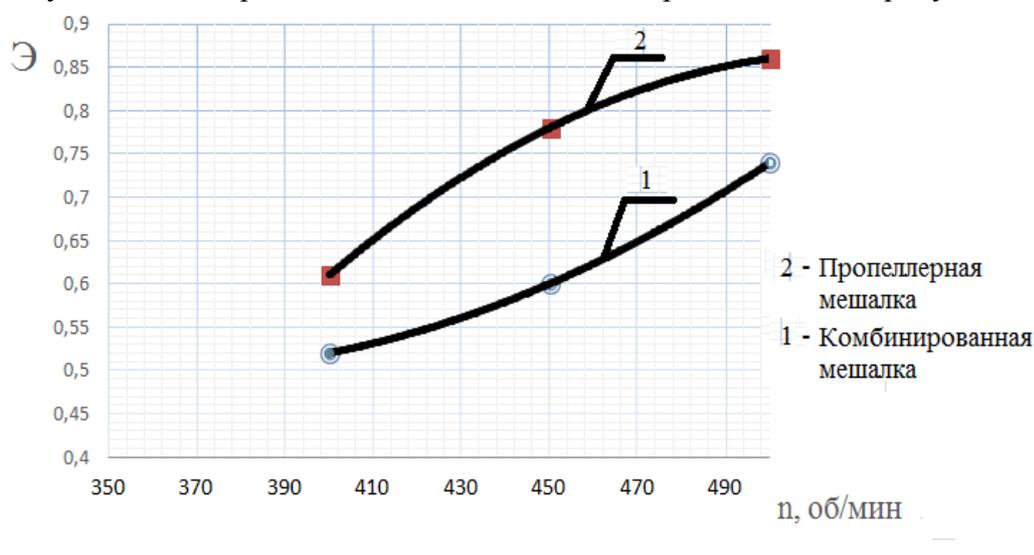


Рисунок 1 – График зависимости коэффициента эффективности от числа оборотов  $\mathcal{E} = f(n)$

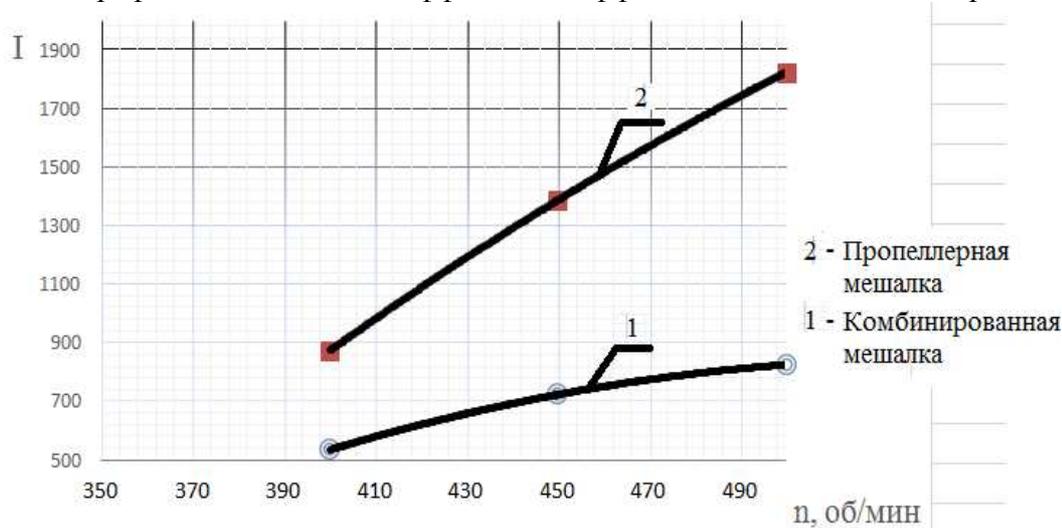


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента интенсивности от числа оборотов  $I = f(n)$ .

Таким образом, анализ графических зависимостей показывает, что коэффициент эффективности комбинированной мешалки с гидромuftой по сравнению с пропеллерной мешалкой увеличивается в 1,5 раза. Интенсивность перемешивания при использовании комбинированной мешалки по сравнению с пропеллерной возрастает в 2 раза.

#### Список литературы

1. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. / Под ред. И.А. Щупляка. Л.: Химия, 1975. 384 с.

2. Бальмонт, С.Д. Степень и интенсивность как основные параметры перемешивания жидких и гетерогенных сред/ С.Д. Бальмонт, П.П. Гуюмджян, Т.М. Бальмонт //Современный наукоемкие технологии: сб. науч. ст./Ивановский государственный технический университет. Иваново, 2010. - №1. С. 48-50.

3.Разработка комбинированных смесителей для перемешивания жидких гетерогенных систем / Голованчиков А.Б., Шагарова А.А., Дулькина Н.А., Даниличева М.В. // Известия ВолгГТУ. Серия "Реология, процессы и аппараты химической технологии". Вып. 6 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. Волгоград, 2013. № 1 (104). С. 94-99.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАБОТУ ЗАГРУЗОЧНЫХ БУНКЕРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор; А.А. Шагарова, к.т.н., доцент;  
Н.А. Прохоренко, студент

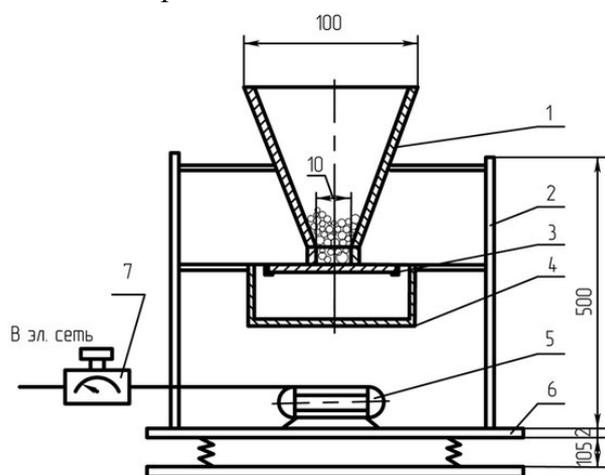
Волгоградский государственный технический университет(ВолгГТУ)

Для интенсификации истечения материала из загрузочного устройства прибегают к различным средствам и устройствам. Одним из перспективных направлений стимулирования потока является использование вибрации. Под воздействием вибрации существенно уменьшается коэффициент внутреннего трения, что способствует лучшему истечению материала из загрузочного бункера.

Целью исследования стало установление закономерностей поведения сыпучего материала в загрузочных бункерах под воздействием вибрации.

Для исследования движения сыпучих материалов в загрузочном бункере при наложении вибрации разработана схема экспериментальной установки, приведенная на рисунке 1. Истечение материала из бункера 1 в сборный ящик 4 происходит при открытии планки перекрытия 3. Электродвигатель 5, установленный на виброплите 6, приводится в движение от электросети с установленным напряжением 130 В через ЛАТР 7. Во время работы двигателя, с установленным на маховике дисбалансированием, плита 6, передает вибрацию через стойки 2 к бункеру 1.

В качестве модельной среды использовались гранулированный полиэтилен высокого давления и полиэтилен низкого давления. Предварительно определялись физические свойства сыпучих материалов. Исследования работы загрузочного бункера проводились без наложения вибрации, а затем с вибрацией.



1 – бункер, 2 – стойки, 3 – планка,  
4- емкость, 5 –электродвигатель,  
6 – вибродвижитель, 7 – ЛАТР.

Рисунок 1 - Схема вибрационной экспериментальной установки

Экспериментальные данные представлены в виде графических зависимостей на рисунках 2-3. Показано, что наличие вибрации существенно уменьшает время истечения материала из загрузочного бункера примерно в 1,5 раза.

Анализ графических зависимостей показывает, что при работе электродвигателя ПЛ-072 УЗ при подаваемом напряжении 170В гранулы ПВД и ПНД начинают просыпаться непрерывно, то есть просыпание материала переходит в автоматический режим. По результатам эксперимента определены оптимальные значения амплитуды вибрации  $A=1\text{ мм}$  и частоты вибрации  $f=19,3\text{ Гц}$ , при которых обеспечивается постоянная подача гранул материалов ПВД и ПНД для бункера с углом наклона  $65^\circ$  с выпускным отверстием  $10 \times 10\text{ мм}$ .

К одному из факторов, снижающих производительность бункера относится неполная очистка поверхности бункера от сыпучих и связных материалов, особенно если они обладают хорошей адгезией к материалу стенки бункера.

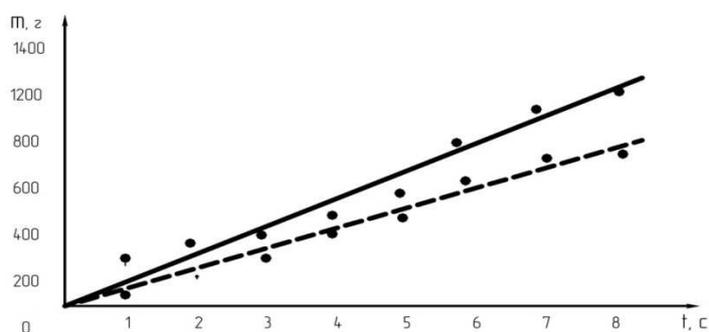


Рисунок 2 – Зависимость  $m = f(t)$  для гранулированного материала

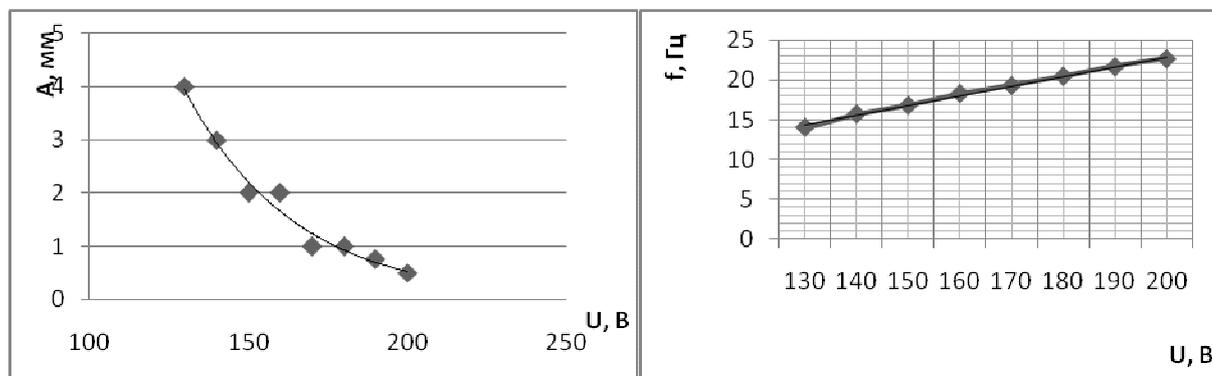
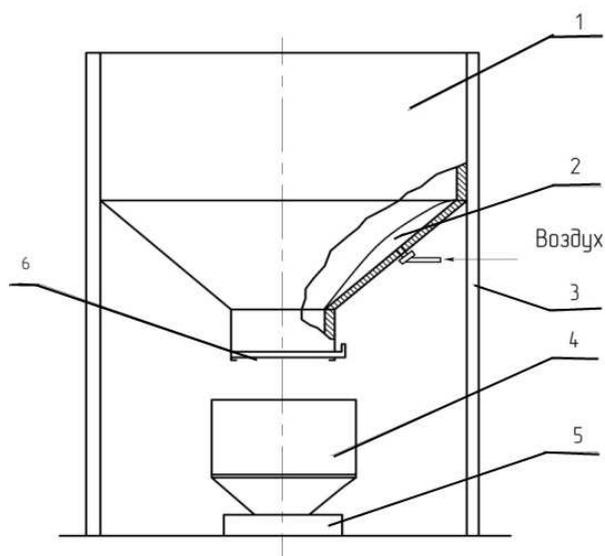


Рисунок 3 - График зависимости амплитуды и частоты вибрации от напряжения подаваемого на электродвигатель.

Дальнейшим усовершенствованием конструкции вибрационного устройства для выпуска связных слеживающихся материалов является разработка устройства, снабженного упругим рабочим органом, выполненным в виде герметичной камеры из эластичного материала. Увеличение производительности достигается за счет увеличения амплитуды колебаний на всей поверхности загрузочного участка.

Для исследования влияния колебательного режима на поверхности герметичной камеры из эластичного материала за счет периодического изменения объема воздуха внутри герметичной камеры на бесперебойную работу бункера загрузки была создана в масштабной экспериментальной установке (рисунок 4).

В качестве исследуемого материала использовался пульверизат алюминия дендритной формы. Эксперимент проводился в два этапа: без подачи сжатого воздуха в пространство между бункером и герметичной камерой и с подводом сжатого воздуха.



1 - бункер; 2 - герметичная камера; 3 - стойки; 4- емкость;  
5 - аналитические весы; 6 - планка.

Рисунок 4 – Схема экспериментальной установки

В ходе экспериментальных исследований наблюдалось образование сводов над выпускным отверстием бункера в застойных зонах, находящихся ближе к стенкам бункера. Своды обрушались в виде «лавин». В случае без подачи сжатого воздуха, обрушение происходило под собственным весом смещения частиц друг относительно друга, в виде одной большой порции материала. С подачей сжатого воздуха в пространство между бункером и герметичной камерой, обрушение материала происходило чаще в виде отдельных маленьких порций (рисунок 6).

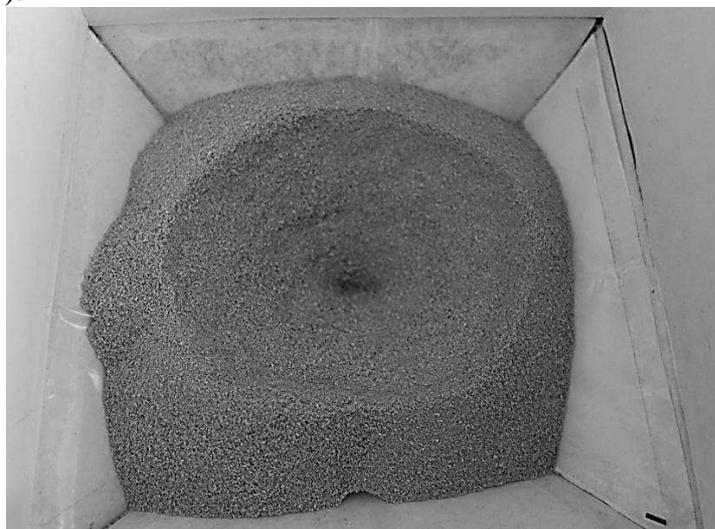
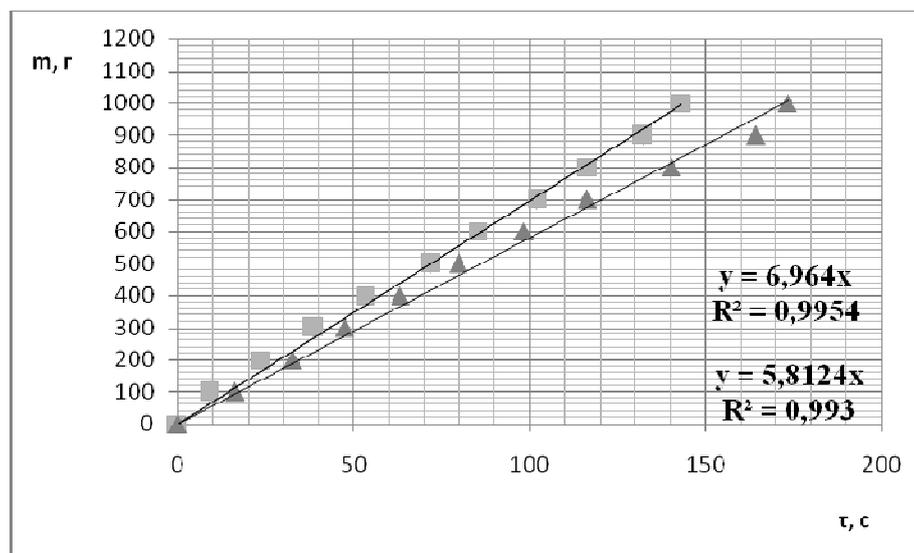


Рисунок 6 - Образование сводов в ходе эксперимента.

Данные экспериментальных исследований усреднялись по результатам трех опытов. По полученным результатам исследований построен график зависимости массы просыпанного материала от времени  $m = f(\tau)$  (рисунок 7).



■ - с подачей сжатого воздуха; ▲ –без подачи сжатого воздуха  
Рисунок 7 - Экспериментальная зависимость  $m = f(\tau)$

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает:

- при заполнении бункера на 30% различие в получаемой массе сыпавшего материала незначительно;
- при заполнении бункера порошком на 40% и выше материал начинает зависать в застойных зонах;
- подача сжатого воздуха и деформирование герметичной камеры стимулируют движение материала, что позволяет получить увеличение производительности до 17,3%.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования влияния механических воздействий на работу загрузочных бункеров показали, что наличие вибрации повышает эффективность их работы, особенно при загрузке связных и слеживающихся материалов в среднем на 13,6%, а при подаче сжатого воздуха и деформировании герметичной эластичной камеры до 17,3%.

## НАНЕСЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ УПРУГОЙ РАКЛИ

В.М. Шаповалов – профессор, ВПИ ВолгГТУ, Волжский

Течение имеет место при нанесении составов способом втирания. Одной из стенок канала является обрабатываемый материал, а другой – рабочий орган наносящего устройства в виде ножа (ракли), пластины или вала. Канал имеет сужающееся сечение.

Рассмотрен случай гибкой упругой ракли (типа кисти), закреплённой консольно и имеющей возможность изгибаться под действием давления со стороны жидкости. Несколько известно автору, подобное течение до настоящего времени не рассматривалось.

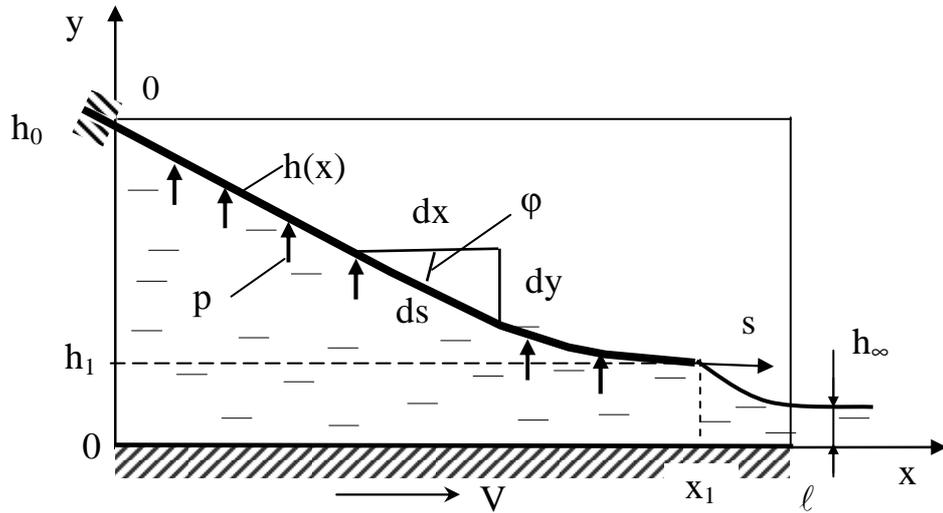


Рисунок. Расчётная схема

Схема течения представлена на рисунок. Декартова система координат привязана к точке заделки ракля (слева, сверху, заштрихована) Ракля представляет гибкую пластину, длиной  $\ell$ . Нижняя горизонтальная плоскость движется в направлении оси  $x$  со скоростью  $V$ . Ось  $y$  направлена вертикально вверх. Величина начального зазора  $h_0$ , конечного -  $h_1$ , наносимого покрытия -  $h_\infty$ . Ширина ракля (перпендикулярна плоскости рисунка) –  $B$ . Требуется найти форму ракля, толщину наносимого покрытия, давление в зазоре. Имеем стационарную задачу силового взаимодействия вязкой жидкости с упругой деформируемой стенкой, т.е. задачу гидроупругости.

Считаем наносимый состав – несжимаемой ньютоновской жидкостью. Течение изотермическое, плоскопараллельное. Силы тяжести и инерции не учитываем. Протяжённость зоны течения больше высоты зазора ( $\ell > h_0$ ) так, что выполняется условие  $\partial p / \partial x > \partial p / \partial y$ .

Течение в зазоре описывается уравнением Навье-Стокса и интегральным условием неразрывности

$$\frac{dp}{dx} = \mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}, \quad Q = B \int_0^h v_x dy = \text{const.} \quad (1)$$

где  $x, y$  – декартовы координаты,  $p$  – давление,  $v_x$  – осевая компонента скорости,  $Q$  – объёмный расход,  $\mu$  – вязкость жидкости.

Граничные условия для скорости – условие прилипания жидкости к ограничивающим поверхностям

$$y=0, \quad v_x = V; \quad y=h(x), \quad v_x=0, \quad (2)$$

где  $h(x)$  – уравнение поверхности ракля.

Согласно уравнению движения (1) давление определено с точностью до постоянной составляющей. Поэтому, без снижения общности, можно положить атмосферное давление равным нулю

$$x=0, \quad p=0; \quad x=x_1, \quad p=0. \quad (3)$$

Здесь величина  $x_1$  характеризует положение конца ракля; пока нам не известна. Рассматриваем течение в области  $0 \leq x \leq x_1, \quad 0 \leq y \leq h(x)$ .

Проинтегрировав уравнение движения в (1) по  $y$ , с учётом граничных условий (2), получим выражение для осевой скорости жидкости

$$v_x = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} (y^2 - hy) + V \left( 1 - \frac{y}{h} \right). \quad (4)$$

Проинтегрировав выражение (4) согласно второму уравнению в (1), получим уравнение для давления

$$\frac{dp}{dx} = \frac{6\mu V}{h^2} - \frac{12Q\mu V}{Bh^3}. \quad (5)$$

Рассматриваем раклю как упругую консольную балку, закреплённую на левом конце (см. рисунок) и нагруженную распределённой нагрузкой со стороны жидкости. Поскольку на верхнюю поверхность ракли действует атмосферное давление, под распределённой нагрузкой будем понимать избыточное гидродинамическое давление в зоне течения  $p(x)$ . Упругая пластина удовлетворяет гипотезам Кирхгофа-Лява. Для упругой оси справедливы геометрические соотношения

$$ds/dx = \sqrt{1 + (dh/dx)^2}, \quad \text{tg}(\varphi) = dh/dx, \quad (6)$$

где  $s$  – линия упругой оси (в точке закрепления значения параметров:  $x=0, y=h_0, s=0$ , а на свободном конце ракли:  $x=x_1, y=h_1, s=\ell$ ),  $\varphi$  – угол наклона.

Дифференциальное уравнение изогнутой оси ракли имеет вид

$$\frac{d^2h}{dx^2} \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{dh}{dx} \right)^2} \right\}^{-1} = \frac{M}{EJ}, \quad (7)$$

где  $M(x)$  – изгибающий момент,  $EJ$  – жёсткость ракли,  $E$  – модуль упругости,  $J = B\delta_1^3/12$  – момент инерции,  $\delta_1$  – толщина ракли.

Уравнение (7) дополним дифференциальными зависимостями

$$\frac{dM}{dx} = q(x), \quad \frac{dq}{dx} = Bp, \quad (8)$$

где  $q(x)$  – поперечная сила.

Уравнения (6) – (8) необходимо дополнить граничными условиями

$$\begin{aligned} x=0: \quad & h=h_0, \quad s=0, \quad q=q_0, \quad M=M_0, \\ x=x_1: \quad & h=h_1, \quad s=\ell, \quad q=0, \quad M=0. \end{aligned} \quad (9)$$

На свободном конце ракли поперечная сила и момент равны нулю.

Перейдём к безразмерным переменным

$$\begin{aligned} \{\delta, \delta_1\} &= \frac{\{h, h_1\}}{h_0}, \quad \{X, X_1, \varepsilon, \xi\} = \frac{\{x, x_1, h_0, s\}}{\ell}, \quad P = \frac{ph_0^2}{6\ell\mu V}, \quad Q_1 = \frac{2Q}{h_0VB}, \\ \{m, m_0\} &= \frac{\{M, M_0\}}{6\mu VB\ell}, \quad \{q_1, q_{10}\} = \frac{\{q, q_0\}}{6\mu VB}, \quad k = \frac{6\ell^2\mu VB}{EJ}. \end{aligned} \quad (10)$$

Параметр  $k$  характеризует безразмерную «гибкость» ракли. При  $k \rightarrow 0$  ракли абсолютно жёсткая (толстая стальная плита), а при  $k \rightarrow \infty$  бесконечно гибкая (ткань, тонкая резина). В последнем случае задача теряет смысл, поскольку ракли принимает горизонтальное положение.

Считаем длину ракли фиксированной ( $\ell$ ). При этом удобно перейти от переменной  $x$  к  $\xi$ . С учётом обозначений (10) уравнения (3), (5)-(9) примут вид

$$\frac{dX}{d\xi} = \cos \varphi, \quad \frac{d\delta}{d\xi} = \frac{\sin \varphi}{\varepsilon}, \quad \frac{dP}{d\xi} = \frac{(\delta - Q_1) \cos \varphi}{\delta^3},$$

$$\frac{d\varphi}{d\xi} = km, \quad \frac{dq_1}{d\xi} = \frac{P}{\varepsilon^2} \cos \varphi, \quad \frac{dm}{d\xi} = q_1 \cos \varphi; \quad (11)$$

$$\xi=0: \quad X=0, \quad \delta=1, \quad P=0, \quad \varphi=\varphi_0, \quad q_1=q_{10}, \quad m=m_0; \quad (12)$$

$$\xi=1: \quad X=X_1, \quad \delta=\delta_1, \quad P=0, \quad \varphi=\varphi_1, \quad q_1=0, \quad m=0. \quad (13)$$

Имеем задачу Коши для 6 дифференциальных уравнений. Величины  $Q_1$ ,  $q_{10}$ ,  $m_0$  неизвестны и их надо подбирать (метод стрельбы) так, чтобы с заданной точностью выполнялись условия на конце зоны течения ( $\xi=1$ :  $P=0$ ,  $q_1=0$ ,  $m=0$ ). Параметр  $\varphi_0$ , характеризующий начальный наклон ракли (угол заделки), задаётся априорно. При отладке программы использовался тест (начальное приближение):  $\varphi_0=0$ ,  $\delta_1=1$ ,  $q_{10}=0$ ,  $m_0=0$ ,  $P=0$ .

Выполнен численный анализ задачи. Получены графики распределения момента, поперечной силы и давления по длине ракли. Изучено влияние условий течения на форму ракли.

УДК 548.562+665

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СУШКИ ОТХОДОВ ГОРЧИЧНО-МАСЛОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Г.Г. Русакова, (д.с.н., профессор кафедры ПЭБЖ ВолгГТУ, Волгоград),

Д.В. Лучковский, (студент, ВолГТУ, Волгоград),

Л.В.Мазина, (студент, ВолГТУ, Волгоград)

При переработке масличных культур традиционно получают масла и жмыхи. Жмыхи, как правило, используют в качестве кормовой добавки в рационах сельскохозяйственных животных и птиц из-за большого содержания в них протеина (20,5...29,7 %). Особенностью твердых отходов горчично-маслобойного производства является наличие в них токсичных серосодержащих соединений – тиогликозидов.

Отходы горчично-маслобойного производства (жмых, высевки, шелуха и т.д.) в своем составе содержат также фермент мирозиназу, который при наличии физической влаги и достаточной температуре расщепляет тиогликозиды.

Тиогликозиды при расщеплении образуют эфирные масла. Ферментативная реакция происходит при нарушении целостности растительной ткани, так как гликозиды и тиогликозиды в живом растении пространственно разброшены.

При поступлении с кормом внутрь животных не обезвреженных побочных продуктов горчично-маслобойного производства в желудочно-кишечном тракте животных происходит гидролиз синигрина, а выделяющееся аллилгорчичное масло, прежде всего, действует на слизистую оболочку, вызывая сильное раздражение, а затем воспалительный процесс на всем протяжении желудочно-кишечного тракта.

Для очистки отходов горчично-маслобойного производства от эфирного масла применяют влаготепловую обработку. Жмых нагревается и увлажняется для гидролиза синигрина, содержащегося в продуктах переработки семян горчицы. После завершения гидролиза, отходы подвергают дегазации. При этом эфирное масло испаряется и его содержание в жмыхе не превышает 0,12 %.

Сушка кормового продукта осуществлялась подогретым воздухом в псевдооживленном состоянии, в стационарном, непрерывном режиме. Сушке подвергались влажные отходы, предварительно очищенные от синигрина на стадии гидролиза и дегазации.

Необходимый и достаточный режим процесса сушки определялся опытным путем на лабораторной установке, представленной на рисунке 1.

Основные определенные параметры: оптимальная температура теплоносителя; оптимальная температура отходящих газов; оптимальный напор воздуха перед сушилкой; оптимальная высота псевдооживленного слоя; плотность насыпного кормового белка; порозность неподвижного слоя; оптимальная порозность кипящего слоя; гранулометрический состав высушиваемого материала; оптимальная влажность исходного материала; оптимальная влажность сухого кормового белка; производительность сушилки по готовой продукции; мощность сушилки по выпаренной влаге; удельный расход пара на 1 т готового продукта; удельный расход пара на 1 кг выпаренной влаги; удельный расход электроэнергии на 1 т готового продукта.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Сушилка поз. СКС-1 представляет собой вертикальный аппарат, в нижней части которого установлена воздухораспределительная решетка. Нагретый воздух подавался под решетку через отверстие. Энергии восходящего потока воздушных струй достаточно для поддержания высушиваемого материала во взвешенном состоянии. Каждая крупинка материала плавает в токе горячего воздуха. За счет организации псевдооживленного слоя высушиваемого материала искусственно создается большая поверхность испарения влаги. Скорость сушки материала возрастает.

Псевдооживленный слой материала рассматривается как самостоятельный субъект исследования и имеет ряд собственных технологических характеристик, оптимизация которых входит в задачу настоящих исследований.

С целью исключения выноса мелких частиц сухого материала за пределы аппарата, верхняя его часть по сравнению с нижней значительно расширена, что позволило уменьшить скорость воздуха в верхней части аппарата и увеличить в нижней.

Влажный рафинированный осадок из шнекового фильтра поз. Ф-1 поступал в сушилку, в кипящий слой кормового продукта. Плотность влажного осадка выше плотности сухого, поэтому влажный материал находился в нижней части псевдооживленного слоя, где, соприкасаясь с горячим воздухом, нагревался и отдавал влагу воздуху. Подсохшие частички кормового продукта поднимались в верхнюю часть псевдооживленного слоя, откуда отводились из аппарата на упаковку.

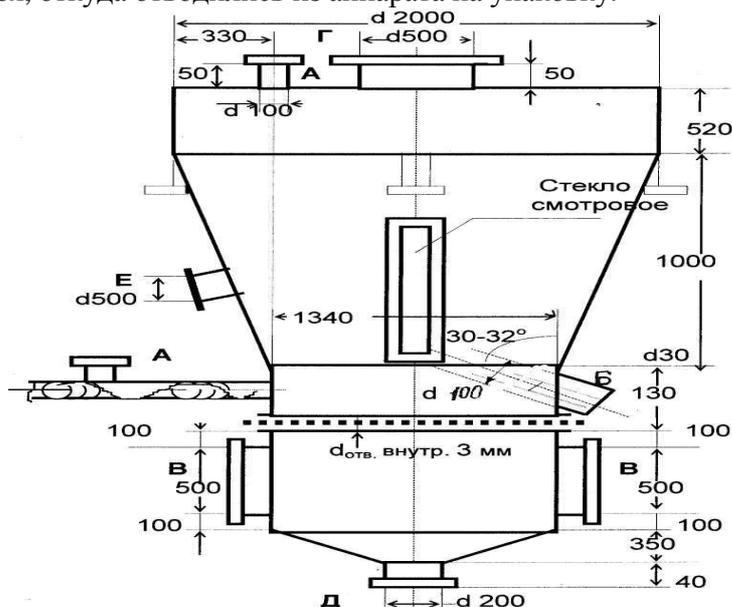


Рисунок 1 – Сушилка с кипящим слоем

Воздух, необходимый для сушки кормового продукта, вентилятором поз. В-1 забирался из атмосферы, нагревался до заданной температуры в паровом калорифере

поз. К-1 и подавался под воздухораспределительную решетку. Чем выше температура теплоносителя, тем выше скорость сушки.

Воздействие высоких температур на горчичный белок нежелательно, так как возможна его инактивация, поэтому оптимальный режим сушки подбирался опытным путем.

Производительность сушилки по готовому продукту, произведенному за 1 час непрерывного, стационарного режима оценивалась путем взвешивания готового продукта на весах.

Расход пара на сушку определялся количеством конденсата греющего пара на выходе из калорифера поз. К-1, полученного за 1 час. Давление воздуха под распределительной решеткой контролировалось с помощью U-манометра. Содержание влаги в сыром и сухом и количество "взвешенных" в отходящем газе определяли аналитически.

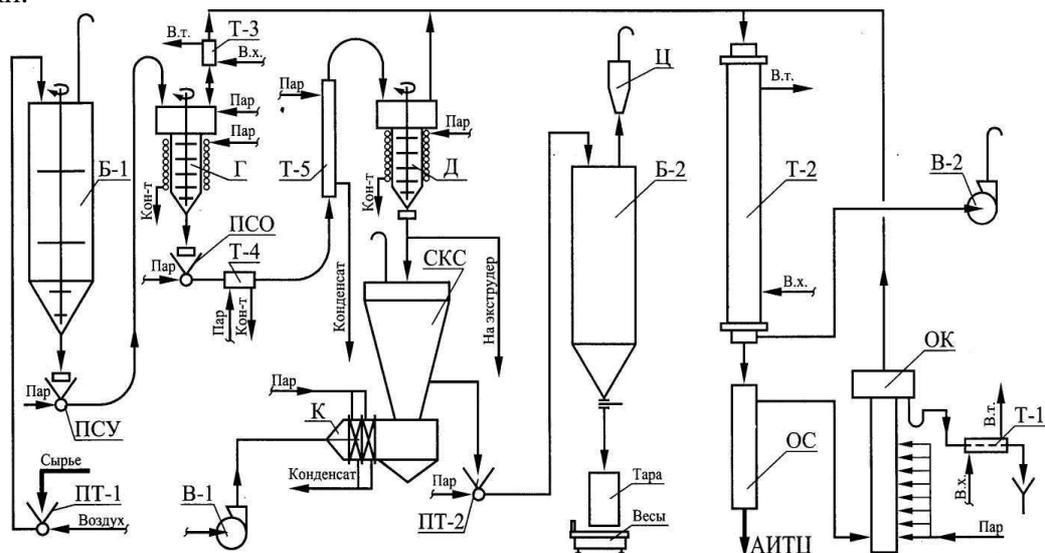


Рисунок 2 – Технологическая схема переработки отходов горчично-маслобойного производства

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1. Содержание влаги во влажном осадке, поступающем из дегазатора поз. Д в сушилку  $X_3 = 53,9 \%$ .
2. Масса влажного осадка, поступающего из дегазатора в сушилку составил:

$$= 100,77 \text{ кг}$$

3. Масса выпаренной влаги составила:

4. Производительность сушилки по выпаренной влаге составила:

5. Производительность сушилки по готовой продукции составила:

в пересчете на АСВ:

$$= 8,45 \frac{\text{кг}}{\text{час}}$$

#### КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИЩЕННЫХ ОТХОДОВ ГОРЧИЧНО-МАСЛОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ингредиенты, входящие в состав продуктов переработки горчично-маслобойного производства определяли по стандартным методикам масложировой промышленности.

Полученный готовый продукт, в результате очистки отходов горчично-маслобойного производства от антипитательных соединений, по качественным показателям соответствует техническим условиям ТУ 9146-061-70586390-09 на «Белок кормовой из растительного сырья «Сарепта», основные показатели которого приведены в таблице.

Питательность и химический состав белка «Сарепта»

Показатели	Содержание
1. Кормовые единицы в 100 г	110
2. Обменная энергия в 100 г, ккал	288
3. Сырой протеин, %	40,8
4. Сырой жир, %	8,8
5. Сырая клетчатка, %	4,9
6. Сырая зола, %	6,4
7. Лизин, %	3,7
8. Метионин, %	1,9
9. Триптофан, %	2,2
10. Метионин + цистин, %	3,5
11. Кальций, %	0,36
12. Фосфор, %	0,95
13. Натрий, %	0,02
14. Эфирное горчичное масло, %	0,12

Производственные испытания по вводу данного продукта в комбикорма проводились в условиях экспериментального цеха по производству комбикормов ВНИИКП.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ ТРУБ В КОТЛЕ

Волжский Политехнический Институт (филиал) ВолгГТУ.

Студент: Сарычев А.О. Научный руководитель: доцент Ахрамеев А.Ф.

Резинотканевые трубы применяют для подачи воды пожарными установками. Основными требованиями к конструкции является высокая прочность, малый вес, устойчивость к стиранию и короблению. Конструкция рукава имеет внутренний резиновый слой, силовой из капроновой кардной ткани и наружный резиновый слой. Сборка рукава осуществляется на станке с транспортером и запаточной головной алюминиевых дорнах. Затем заготовки для уплотнения слоев обматывают бинтолентой. Собранные заготовки в специальной обойме на тележке транспортируют в котел для осуществления вулканизации. Технологический процесс изготовления рукавов включает: продувку воздухом и вакуумирование рабочей камеры котла, установка тележки с заготовками в котле, закрытие крышки, запираение и фиксация байонетного кольца, подача прессующего пара, подача греющего пара, доведение температуры в котле до 145 градусов, начало отсчета времени вулканизации 40 минут, прекращение подачи пара, сброс пара из котла, открытие байонетного кольца и крышки котла, включение вакуум-отсоса, продувка воздухом, вывод тележки из котла, охлаждение изделий на воздухе.

Гарантией качества изделий является поддержание оптимальных режимов вулканизации, обеспечивающих однородность степени превращения по объему заготовки, равномерность температурного поля по рабочему объему, высокое качество теплоносителя, поддержание минимально допустимой концентрации воздуха в потребляемом паре. Установлено (1), что в процессе вулканизации происходит образование поперечных связей вулканизирующими веществами, увеличивается модуль эластичности. Рост модуля эластичности однозначно зависит от расходования вулканизирующих веществ, плотности образующихся связей степени вулканизации.  $M = M(c)$ , (1) где  $c$  - концентрация вулканизирующих веществ. При изначальной концентрации вулканизирующих веществ  $c_0$  уравнение

кинетики реакции вулканизации  $\frac{dc}{d\tau} = k \cdot (c_0 - c)^n$ , (2) где  $k = k_0 \cdot \exp[-\frac{u}{RT(\tau)}$  - константа

скорости реакции,  $n$  - порядок реакции,  $u$  - энергия активации реакции вулканизации,  $\tau$  - текущее время,  $T$  - температура,  $K_0, R$  - константа. После разделения переменных получим:

$\int_c^{c_0} \frac{dc}{k_0(c_0 - c)^n} = \int_0^t \exp[-\frac{u}{RT(\tau)}] \cdot d\tau$  (3). Интегрируем левую часть:

$\frac{1}{k_0(n-1)} [(c_0 - c)^{1-n} - c_0^{1-n}] = \int_0^t \exp[-\frac{u}{RT(\tau)}] dt = J[1(\tau)]$  (4). Левая часть выражения (4) пред-

ставляет достигнутую степень вулканизации по количеству прореагировавшего вулканизирующего вещества, величина которой может быть определена химическими анализами свободной серы и ускорителей. Правая часть выражает суммарную температуру временной обработки материала на всех этапах переработки резиновой смеси после введения вулканизирующей группы и может количественно определяться параметром  $\sum J[T(\tau)]$ . Учитывая однозначную зависимость модуля от степени вулканизации, выражение для расчета оптимальных значений модуля имеет

вид:  $\frac{1}{k_0(n-1)} [(M - M_n)^{1-n} - (M_{on} - M_n)^{1-n}] = \int_0^{\tau_{on}} \exp[-\frac{u}{RT(\tau)}] \cdot dt = J_{on}$  (5). Вводя понятие от-

носительной величины модуля эластичности  $E = \frac{M - M_n}{M_{on} - M_n}$  уравнение (5) может быть за-

писано  $\frac{\Delta M^{1-n}}{k_0(n-1)}, (E^{1-n} - 1) = \int_0^{\tau_{on}} \exp[-\frac{u}{RT(\tau)}] = J_{on}^*$  (5a). Измерение модуля эластичности для

стандартных испытаний и определение  $J_{on}^*$  на образцах, режимы вулканизации можно при-

нять изотермическими  $T(\tau) = T_{CT} = const.$   $J_{on}^* = \tau_{on} \cdot c^{-\frac{u}{RT_{CT}}}$  (6). Основным условием получе-

ния качественного изделия при вулканизации в котле является условие:  $J_{on}^* \geq J_A + J_B + J_{ox}$  (7), где  $J_A, J_B, J_{ox}$  - температурно-временная обработка заготовок рукавов в котле после их загрузки: при опрессовки и прогреве при подаче пара; во время вулканизации в котле и при охлаждении на воздухе после выгрузки. Функции  $T(\tau_H), T(\tau_B), T(\tau_{ox})$  для центра заготовки получим на основе зависимостей теплопереда-

$$\text{чи(2). } \Theta_u = f(Bi, F_0), \Theta_u = \frac{T_c - T_u}{T_c - T_H}, Bi = \frac{\delta \cdot \alpha}{\lambda_{экс}}, F_0 = \frac{a_{экс} \cdot \tau}{\delta^2} \quad (8).$$

Отношение длины окружности к суммарной толщине заготовки составляет 85. Тепловую задачу допустимо рассматривать для плоской многослойной пластины: алюминиевой слой, два слоя резины, слой резино-сорной ткани, слой теплоизоляции.

Расчетная величина  $Bi > 100$ , т.е. внутренне термическое сопротивление существенно превышает внешнее. Для внутренней задачи при нахождении  $T_u(\tau)$  проведены расчеты

$\lambda_{экс}$  и  $a_{экс}$  эквивалентные значения теплопроводности и температуропроводности много-

слойной пластины: По рассчитанным  $Bi$  и  $F_0 = \frac{a_{экс} \cdot \tau}{\delta^2}$  рассчитаны времена прогрева цен-

тра заготовки и определена  $\Theta_u$  по графикам(2). При известном температурно-временном

режиме прогрева определяем и строим зависимости степени вулканизации при использо-

вании в котле паровой и воздушной среды по формулам (4,5,6). Из опытов на вулканометре

допустимые степени вулканизации составляют для паровой среды  $[J_n^*] = 0,041$ ; воздушной

среды  $[J_B^*] = 0,08$ . Расчетные суммарные степени вулканизации для паровой среды

$\sum J_n = 0,0404$ ; для воздушной среды  $\sum J_B = 0,075$ . Условие оптимальности

$[J^*] \geq \sum J$  соблюдается. Разработанная методика позволяет выбирать оптимальные режи-

мы.

Время вулканизации по производственным данным 40 минут в паровой среде, а расчет-

ными данными 32 минуты.

Это вызвано следующими факторами: низким качеством пара из-за наличия в его составе

воздуха более 3% и неоднородностью температурного поля в рабочей камере котла, изме-

няющегося по высоте до 8С°, а по длине до 12 С°. Применение циркуляторов обеспечивает

выравнивание температуры с точностью  $\pm 4С^\circ$ .

Для устранения узких мест необходимо проконтролировать качество пара, установить

устройство для сепарации от воздуха и регуляторы для перемещения пара в котле.

Расчетное время вулканизации в воздушной среде на 18% больше чем в паровой.

## Литература.

1. Г. Аллигер, И. Светун. Вулканизация эластомеров. М., Химия, 1967, 628с.
2. Исаченко В. П. и др. Теплопередача, М. Энергия 1975, 343с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НАТРИЯ ХЛОРИДА НА ПРИМЕРЕ ОАО «КАУСТИК»

А.Е. Новиков, доцент каф. ПАХП, ВолгГТУ, Волгоград  
М.И.Филимонов, М.И. Ламскова, аспиранты каф. ПАХП ВолгГТУ, Волгоград  
И. М. Васильев, студент гр. ХМВК – 572, ВолгГТУ, Волгоград

Получение едкого натра, хлоргаза и водорода на ОАО «Каустик» и других химических предприятиях производится при электролизе хлорида натрия после его предварительной подготовки. Основным оборудованием на данной стадии являются реактор с мешалкой, цилиндрикоконический отстойник и центробежные насосы для транспортирования жидкостей (рис. 1).

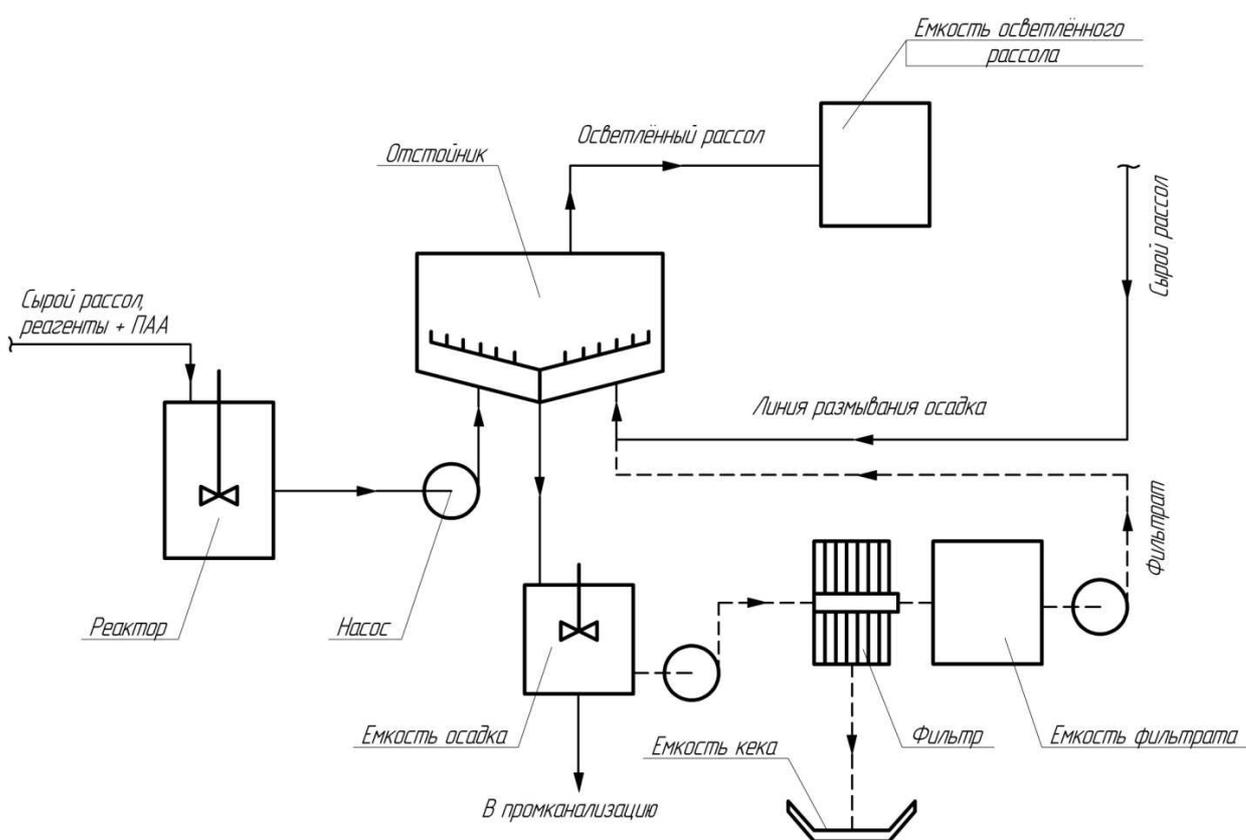


Рисунок 1 – Схема стадии осаждения NaCl до (сплошная линия) и после (пунктирная линия) модернизации

В реакторе производится перемешивание сырого рассола хлорида натрия с реагентами и полиакриламидом. В результате флокулирующего действия ПАА происходит укрупнение частиц малорастворимых солей. Выделение взвешенных механических примесей из рассола NaCl протекает в отстойнике со скребковым механизмом при его подаче в нижнюю часть аппарата. При подъёме рассола снизу вверх скорость осаждения осадка становится выше скорости восхождения потока рассола, за счёт чего и происходит отстаивание. Осветлённый рассол поднимается вверх отстойника, переливается по всему периметру в кольцевой желоб и самотёком поступает в промежуточную ёмкость. При этом механические примеси оседают на дно отстойника и накапливаются в виде осадка. Скребки, размещённые на раме механизма, способствуют смещению осадка от периферии к центру конусного днища. Для удаления осадка применяют систему размывания сырым рассолом NaCl, при этом образуется суспензия, которая утилизируется как жидкий произ-

водственный отход, что увеличивает расход сырья и нагрузку на очистные сооружения.

Снижение расхода сырого раствора NaCl и повышение эколого-экономической эффективности данной стадии производства возможно за счёт рециркуляционной схемы промывки осадка и установления фильтра для удаления механических примесей (рис. 1). Выбор фильтра во многом зависит от физико-химических свойств суспензии, её концентрации и фракционного состава дисперсных частиц. В большей степени к технологическим условиям производства подходит камерно-мембранный фильтр-пресс фирмы «Andritz» (рис. 2).

Данный аппарат состоит из электрогидравлического устройства, пакета плит с фильтрующими полотнами, соединительной плиты, защиты на фотоэлементах, металлической нажимной плиты, устройства промывки, устройства перемещения плит, створчатого поддона и головной части, на которой располагаются фланцевые соединения для подачи шлама и отвода фильтрата.

Управление процессом фильтрации суспензии NaCl осуществляется эргономичной системой микрокомпьютерного управления (СМУ).

Процесс фильтрования состоит из постоянной серии рабочих циклов, каждый из которых предусматривает следующие основные фазы:

- 1) закрытие пакета плит;
- 2) заполнение фильтр-пресса суспензией;
- 3) сжатие мембран и отжим кека;
- 4) продувка центрального коллектора пакета плит и трубопровода подачи суспензии;
- 5) сброс давления с мембран;
- 6) открытие пакета плит и выгрузка кека;
- 7) разгрузка шнекового конвейера;
- 8) промывка фильтрующих полотен.



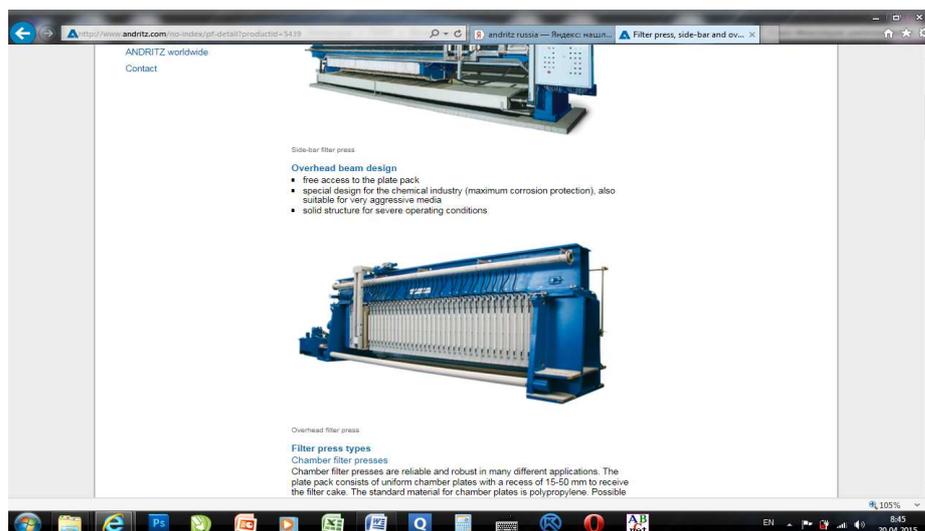


Рисунок 2 – Камерно-мембранный фильтр-пресс фирмы «Andritz»

Закрытие пакета пластин осуществляется автоматически электрогидравлическим устройством. Шток поршня гидроцилиндра перемещает пакет плит с фильтрующими полотнами вперёд по направлению к головной части. При достижении максимального значения давления сжатия 35 МПа производится открытие впускного клапана для подачи суспензии в аппарат.

В зависимости от консистенции суспензии с помощью СМУ устанавливается давление и объёмный расход в диапазонах 0,1-0,6 МПа и 3-16 м<sup>3</sup>/ч соответственно. По достижению установленных значений указанных параметров фильтрация прекращается, впускной клапан закрывается и производится «отжим» кека путём сдавливания мембранными плитами.

Продувка осуществляется воздухом под давлением 0,4-0,8 МПа, после чего через специальные клапана давление внутри мембран сбрасывается.

Открытие пакета плит также производится автоматически электрогидравлическим устройством. Шток поршня гидроцилиндра, двигаясь назад с нажимной плитой, запускает шнековый конвейер и открывает створчатый поддон. По окончанию перемещения нажимной плиты запускается устройство перемещения пакета плит, которое состоит из двух направляющих на боковых опорах аппарата, двух передвигающихся кареток, приводных цепей, натяжного узла и привода гидродвигателя. После запуска устройства каретки движутся в направлении пакета плит, захватывают плиту и транспортируют её в сторону нажимной плиты. Во время транспортировки происходит выгрузка кека от фильтрующего полотна плиты в шнековый конвейер, а далее в ёмкость кека. В случае если кек не отделяется от фильтрующего полотна, устройство перемещения плит останавливается и кек от фильтрующего полотна отделяется лопаткой, после чего устройство снова запускается.

По завершению процесса выгрузки кека шнековый конвейер останавливается, створчатый поддон закрывается и автоматически включается электрогидравлическое устройство закрытия – начинается новый цикл.

Необходимо отметить, что получаемый твёрдый осадок – кек, применяется в качестве сырья при изготовлении силикатных строительных материалов, что фактически делает данное производство безотходным. По мере накопления кека в ёмкости (см. рис. 1) производится его выгрузка в автомашину, которая транспортирует продукт непосредственно к месту его хранения или дальнейшей переработки.

За счёт использования рециркуляционной схемы промывки осадка и установления камерно-мембранного фильтр-пресса фирмы «Andritz» достигается эффективное очищение суспензии натрия хлорида от механических примесей, снижение нагрузки на очистные сооружения химического предприятия, рациональное использование ресурсов, в частности, на примере ОАО «Каустик», суточная экономия до 500 м<sup>3</sup> сырья, и в целом по-

вышение эколого-экономической эффективности данной стадии производства.

### Список литературы

1. Жужиков, В.А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: «Химия», 1971. – 440 с.
2. Лунев, В.Д. Фильтрование в химической промышленности / В.Д. Лунев, Ю.А. Емельянов. – Л.: Химия, 1982. – 72 с.
3. Andritz [Электронный ресурс]. – [2015]. – Режим доступа: Режим доступа: <http://www.andritz.com>.

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ

#### ЗАГРУЗОЧНОГО БУНКЕРА ЭКСТРУЗИОННОГО ГРАНУЛЯТОРА

А.Б. Голованчиков, д.т.н., профессор кафедры ПАХП; А.А. Шагарова, к.т.н.,

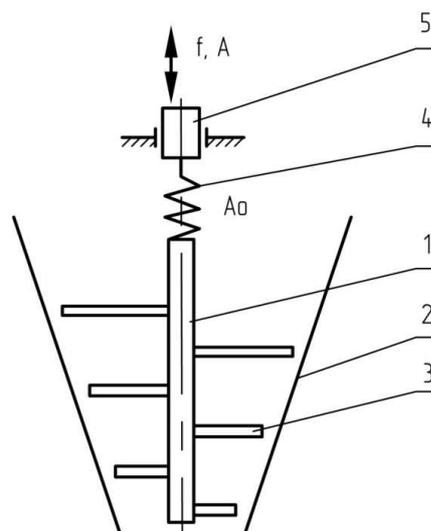
доц. кафедры ПАХП; Л.Е. Тарасенко, студент; М.К. Доан, студент  
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

Загрузочный бункер — это та часть экструзионного гранулятора, из которой материал поступает непосредственно в экструдер. В большинстве случаев материал просто проваливается в экструдер под действием собственной тяжести, но существуют материалы, для которых такой способ подачи, к сожалению, оказывается невозможен [1].

При работе со многими плохо сыпучими материалами (влажными, липкими, слеживающимися), которые обладают широким гранулометрическим составом и низкой насыпной плотностью, весьма часты случаи нарушения работы бункеров, заключающиеся в образовании сводов над выпускным отверстием бункера, в результате чего истечение материала частично или полностью прекращается. Другой причиной нарушения нормальной работы бункеров является образование пассивных зон, когда истечение материала происходит только из зоны, расположенной над выпускным отверстием (трубообразование), что может существенно уменьшить полезную емкость бункера.

Для борьбы со сводообразованием и зависанием на стенках бункера с успехом применяют мешалки-ворошители различной формы, а также устройства, являющиеся комбинацией сводообразителя с питателем [2].

Разработанная конструкция устройства для разрушения сводов сыпучих материалов отличается тем, что возбудитель выполнен в виде штанги с возможностью колебательного или вращательного движения, при этом амплитуда колебаний вертикальной штанги и жестко закрепленных на ней элементов обрушения увеличена за счет резонирующего эффекта (рисунок 1) [3].



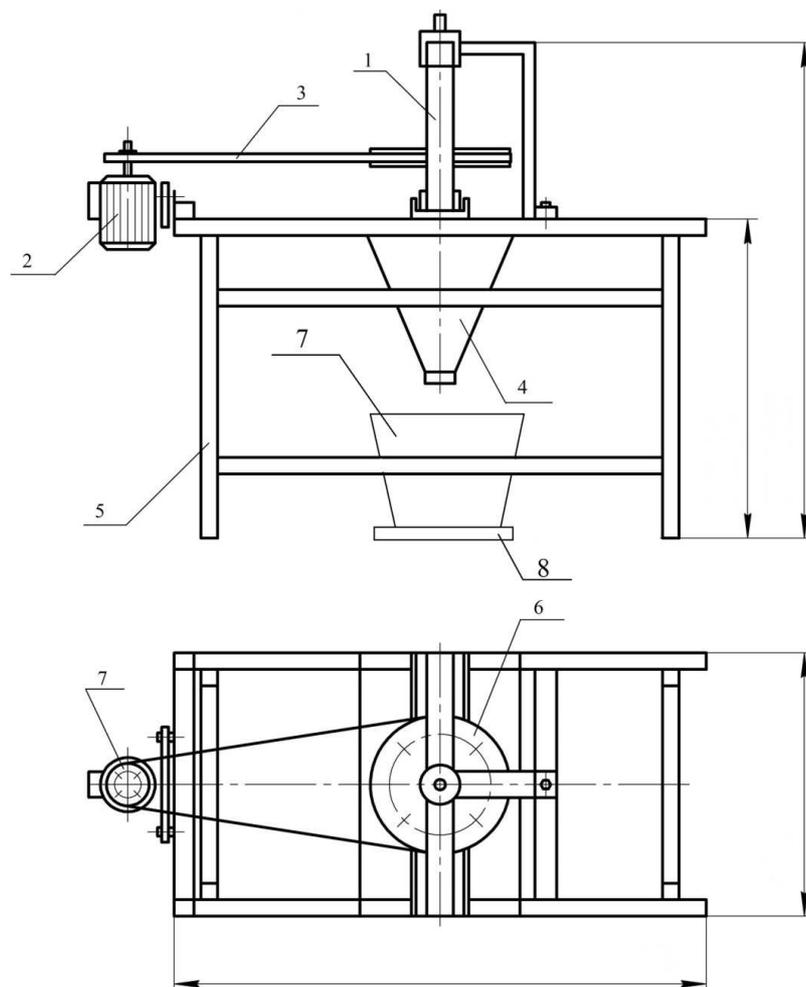
1-штанга, 2-бункер, 3-упругие тяги, 4-пружина, 5-вибратор  
 Рисунок 1 – Устройство для обрушения сводов сыпучего материала в бункерах

Для исследования процесса истечения из бункера сыпучих материалов с низкой насыпной плотностью была изготовлена экспериментальная установка, в основу которой легла разработанная конструкции устройства для обрушения сводов сыпучего материала в бункерах (рисунок 2).

Экспериментальная установка представляет собой загрузочный бункер 4 закрепленный на металлических стойках 5. Внутри бункера 4 установлен ворошитель 1, который приводится в движение посредством ременной передачи 3 от шкива 7, насаженного на вал электродвигателя 2. Ворошитель 1 состоит из вала и восьми закрепленных на нем лопастях.

В конструкции ворошителя 1 предусмотрены специальные устройства, приваренные к поверхности вращающегося диска 6 и создающие осевые колебания ворошителя. Осевые колебания ворошителя возникают в результате соприкосновения специальных устройств, имеющих выпуклую форму, с поверхностью подшипника, закрепленного на металлических стойках 5.

Эксперимент проводился при различных значениях числа оборотов вала (8 об/мин., 30 об/мин., 60 об/мин) и для двух случаев: вращение вала ворошителя без наложения осевых колебаний и вращение вала ворошителя совместно с осевыми колебаниями.



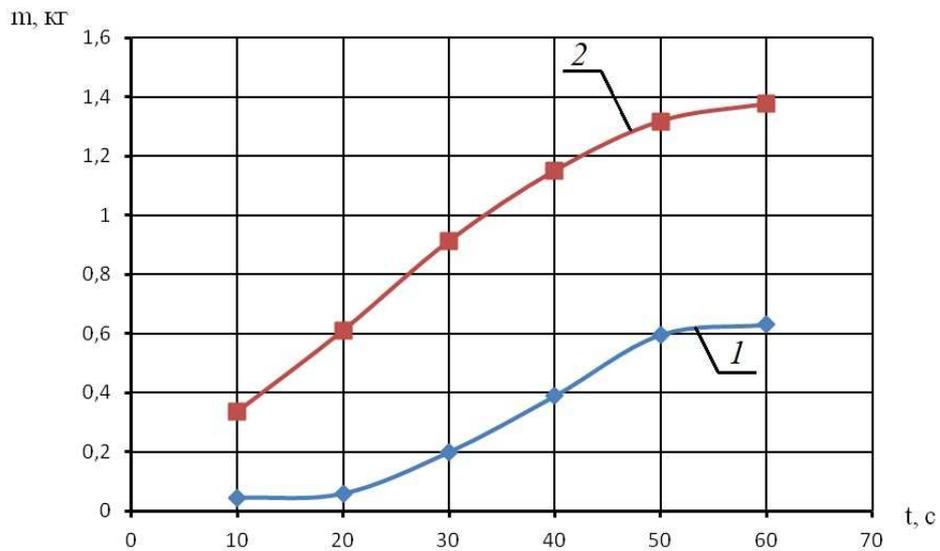
1 – ворошитель, 2 – электродвигатель, 3 – ременная передача,  
 4 – бункер, 5 – металлические стойки, 6 – диск, 7 – шкив,  
 8 – электронные весы, 9 – емкость для материала  
 Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки

В качестве исследуемой модельной среды использовались древесные опилки. Предварительно взвешенный материал засыпался в бункер при закрытой задвижке. Одновременно открывалась задвижка, включался секундомер, и через равные промежутки времени фиксировалась масса высыпанного материала с помощью электронных весов. Результаты эксперимента усреднялись по трем значениям параметров.

Проведенные исследования показывают возрастание массы высыпанного материала с увеличением числа оборотов вращения вала, причем при осуществлении только вращательного движения ворошителя при  $n=8$  об/мин высыпание массы материала из бункера не происходит, а при  $n=30$  об/мин и  $n=60$  об/мин результаты имеют сопоставимые значения. Наиболее интенсивно процесс протекает при вращательном движении вала с наложением осевых колебаний.

Представляет интерес работа устройства с ворошителем при значении числа оборотов  $n=30$  об/мин., так как в этом случае эффект увеличения производительности максимален, а энергозатраты значительно меньше, чем при значении числа оборотов  $n=60$  об/мин.

Зависимость массы высыпанного материала от времени при частоте оборотов вала 30 об/мин. представлена на рисунке 3.



1 – вращение вала без осевых колебаний; 2 – вращение вала совместно с осевыми колебаниями

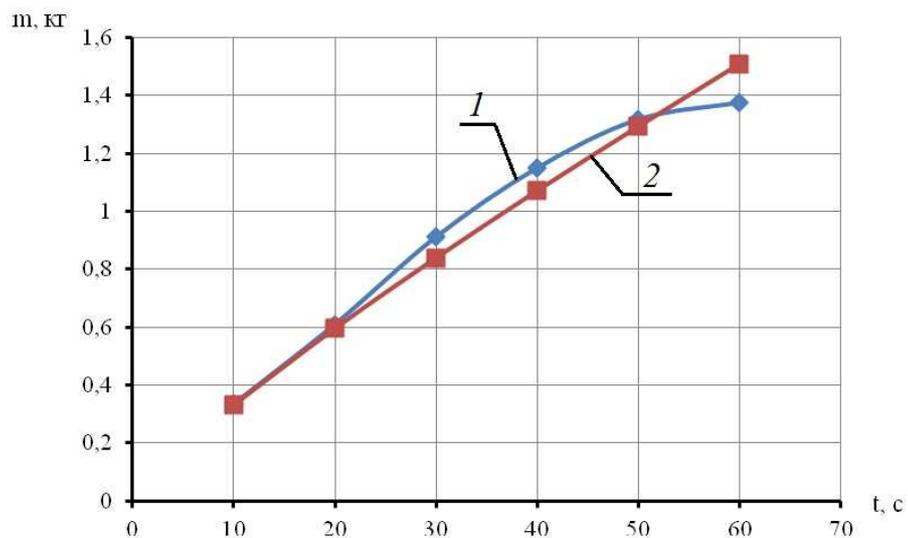
Рисунок 3 – График зависимости  $m=f(t)$

Сопоставительные исследования процесса истечения материала из бункера при вращательном движении вала и дополнительно накладываемых осевых колебаний показали явные преимущества последнего варианта работы устройства, что позволяет увеличить производительность загрузочного бункера в 2 раза.

Аппроксимация экспериментальных данных зависимости  $m=f(t)$  проводилась степенным уравнением вида:  $Y = k \cdot x^n$ .

Для оценки значимости и определения значений коэффициентов  $k$  и  $n$  проведен корреляционный анализ. Значения коэффициентов определены с помощью метода наименьших квадратов.

Сравнительный анализ экспериментальных и теоретических значений параметров представлен на рисунке 4.



1 – экспериментальные значения; 2 – расчетные значения

Рисунок 4 – График зависимости экспериментальных и теоретических значений параметров

Таким образом, экспериментальные данные можно аппроксимировать теоретической зависимостью:  $Y = 0.04715 \cdot x^{0.84657}$ , при этом ошибка аппроксимации не превышает 10 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гячев, Л.В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Л.В. Гячев. – М.: Машиностроение, 1968. – 184 с.
2. Зенков, Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. – М.: Машиностроение, 1977. – 223 с.
3. Пат. на п. м. 149025 РФ, МПК В65D29/66. Устройство для разрушения сводов сыпучего материала в бункерах / А.Б. Голованчиков, А.А. Шагарова, Л.Е. Тарасенко, Н.А. Прохоренко, А.А. Бабин, Т. А. Дулькин ; ВолгГТУ. – №2014125095/12 ; заявл. 19.06.14 ; опубл. 20.12.14.

### **РАЗРАБОТКА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

Кейбал Н.А., Каблов В.Ф., Гусак Э.Н., Стукало К.А., Панченко Т.А.  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ, г.Волжский,  
volpi.ru

Основной проблемой при функционировании металлоконструкций и сооружений является коррозионное воздействие окружающей среды. Коррозия не только нарушает целостную работу оборудования, но и разрушает его, приводя производства к значительным экономическим потерям и убыткам.

Большинство существующих на сегодня методов защиты от коррозии основаны на изоляции поверхности металла от агрессивной среды, что может быть достигнуто применением защитных покрытий.

Эпоксидные покрытия являются самым распространённым видом полимерных промышленных покрытий; могут применяться для всех этапов работ: грунтовки, выравнивания поверхности и нанесения отделочного слоя. Основными достоинствами таких покрытий является быстрота и легкость нанесения, отсутствие необходимости в органических растворителях - разводятся водой, такие покрытия обладают высокой адгезией к различным подложкам, химической стойкостью, твердостью и прочностью. Преимуществом также является многообразие цветового решения.

Для возможности применения антикоррозионных покрытий необходимо решение непростой задачи по обеспечению требуемого сцепления покрытий и металлической основы, а также их коррозионной стойкости и долговечности при эксплуатации.

В ходе наших научных исследований был разработан антикоррозионный состав на основе эпоксидной смолы ЭД-20.

Существенными отличиями разрабатываемого состава является высокий антикоррозионный эффект и прочность связи с металлом, а также невысокий расход и низкая себестоимость продукта.

Установлено, что кубовые производства морфолина, содержащиеся в составе являются эффективными ингибиторами кислотной коррозии металлов (Ст.3), что в свою очередь определяет эффективную антикоррозионную защиту.

В целом разработанный состав может применяться для защиты металлоконструкций, деревянных и бетонных поверхностей от разного рода воздействий; склеивания металлических, деревянных, стеклянных, керамических поверхностей; герметизации болтовых, заклепочных соединений и сварных швов.

## **ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА КРОМКИ РОТОРА НА ТЕЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ В РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЕ**

Ким В.А, Шаповалов В.М.

Цель настоящей работы выяснить влияние параметров течения на интегральные характеристики: потребляемую мощность, распорное усилие, крутящий момент, распределение давления по длине зазора. Отметим, что приложение рассматриваемой задачи далеко не ограничивается течением в резиносмесителе, поскольку течение связано с теорией смазки.

В работе представлена постановка и решение краевой задачи. Материал считается несжимаемым. Течение изотермическое, Ротор считаем жестким, а перемешиваемый состав - ньютоновской жидкостью.

Кривизной стенки ротора пренебрегаем, поскольку размер зоны течения значительно меньше радиуса ротора. Считаем наклонную поверхность ротора неподвижной, а стенку движущейся поступательно с постоянной скоростью, соответствующей окружной скорости ротора. Течение в зазоре описывается уравнением движения и уравнением неразрывности. Граничные условия задачи. Для скорости – условие прилипания жидкости к ограничивающим поверхностям: нижней, движущейся поступательно, и верхней - наклонной, но неподвижной.

Давление на входе в канал и на выходе атмосферное. Зазор включает наклонный участок и горизонтальный щелевой канал. Последний обусловлен абразивным износом гребня ротора. По мере износа величина зазора увеличивается, при этом снижается эффективность перемешивания.

Получены расчётные выражения для расхода, скорости, давления, касательного напряжения на стенке и потребляемой мощности. Интегральные параметры течения являются функциями от двух интегралов, которые имеют алгебраическое представление.

Выполнен численный анализ полученной математической модели.

## **ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ХЛОРСУЛЬФИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В.Ф. Каблов, Н.А. Кейбал, К.Ю. Руденко, В.А. Кумскова, Е.В.Харламов  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ, г.Волжский,  
volpi.ru

В связи с широким применением резиновых изделий для изоляции электрокабелей, покрытия полов, изготовления рукавов и для других целей, возникла необходимость создания резин, не поддерживающих горения или полностью негорючих.

Однако разработка новой рецептуры эластомерных материалов с целью повышения огнезащитных свойств может привести к ухудшению комплекса других эксплуатационных показателей. Кроме того, разработка технологии получения новых композиций не всегда экономически оправдана.

Поэтому применение защитных покрытий позволяющих повысить стойкость материала к внешним воздействиям без ухудшения комплекса основных свойств представляется несомненно перспективным.

Исходя из всего этого, целью работы является разработка покрытий на основе хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ) для огнестойкости резин с улучшенными адгезионными показателями.

В качестве композиций использовали 15 %-ные раствор хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ) в толуоле. В качестве волокнистых наполнителей применялись углеродные волокна. Толщина наносимого покрытия 1,0 мм.

Известно, что для придания полимерным материалам повышенной огнестойкости вводят специальные наполнители, среди которых углеродные волокна занимают лидирующие позиции.

Установлены наиболее эффективные содержания углеродных волокон, способствующие максимальному увеличению адгезии покрытий на основе ХСПЭ к резинам. Выявлено, что наибольший вклад в повышении адгезионных свойств покрытий вносят углеродные волокна содержанием 0,3%. Такое количество волокнистого наполнителя позволяет повысить прочность связи вулканизированных резин на основе различных каучуков с покрытием на основе ХСПЭ в среднем в 2,5-3,0 раза.

Применение углеродных волокон в качестве наполнителя также способствует повышению огне-, теплостойкости покрытий на основе ХСПЭ. При этом наблюдается увеличение времени достижения образцом предельного состояния. Так исходный образец вулканизата достигает своего критического состояния за 80 секунд при температуре на необогреваемой стороне 130 °С. При введении в состав покрытия углеродных волокон, время достижения образцом предельного состояния увеличивается. Наилучшие результаты показал состав покрытия с содержанием волокнистого наполнителя 0,7 % по массе. Образец достигает своего критического состояния за 130 секунду при температуре 300 °С.

Таким образом, установлено, что разработанные составы покрытий являются эффективными для защиты эластомерных материалов от высокотемпературного воздействия.

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОСФОРБОРСОДЕРЖАЩИХ АНТИПИРЕНОВ**

Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н., Назарова Д.Г., Каткова Д.А.

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ, г.Волжский,  
volpi.ru

Создание композиций для повышения пределов огнестойкости различных материалов актуальная на сегодняшний день задача. В последнее время предпочтение было отдано огнезащитным материалам, которые во многом решают проблему безопасности веществ, образующихся при сгорании огнезащитного покрытия.

Природа большинства полимерных материалов такова, что их невозможно сделать полностью пожаробезопасными. Поэтому поиски путей, ограничивающих горючесть полимеров и уменьшающих выделение дыма и токсичных продуктов при горении, продолжаются во всем мире и на это тратятся значительные финансовые и интеллектуальные средства.

Целью работы является - создание фосфорборсодержащих модифицирующих добавок и исследование их свойств в качестве антипиренов для защиты синтетических волокон и бумаги.

ФБО (фосфорборсодержащий олигомер) был получен при различных соотношениях исходных компонентов - борной кислоты и диметилфосфита. Это вязкая неокрашенная жидкость, хорошо растворимая в воде, диметилформамиде, ацетоне, спиртах.

Синтез продуктов и исследование их структуры проводились на кафедре ВТПЭ к.х.н., доцентом Бондаренко С.Н.

Согласно исследованию физико-химических свойств, можно сделать вывод, что в зависимости от соотношения исходных реагентов молекулярная масса и вязкость ФБО меняется.

Из-за кислого характера растворов фосфорборсодержащих олигомеров, модификацию бумаги и синтетических волокон проводили водными растворами ФБО (5-15 %).

В результате проведенных исследований установлено, что образцы, обработанные растворами ФБО при соотношении реагентов 1:2 (ФБО-2) дают более высокие результаты по огнезащите по сравнению с образцами, модифицированными растворами ФБО при со-

отношении реагентов 1:3 (ФБО-3). Кроме того, образцы химических волокон, модифицированные составами на основе ФБО-2 дают более значительное коксообразование и прочностные показатели.

### ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

А.А. Фёдорова – студентка, В.М. Шаповалов – профессор, ВПИ ВолгГТУ, Волжский

Теплообменники являются одним из самых распространенных аппаратов химической промышленности. Большинство из них работают в непрерывном режиме. Между тем в условиях эксплуатации имеют место регулярные отклонения параметров (температуры, расходы, состав теплоносителей). Для устойчивой работы теплообменников используется система автоматизации, которая снижает влияние внешних возмущений на выходные характеристики теплообменника.

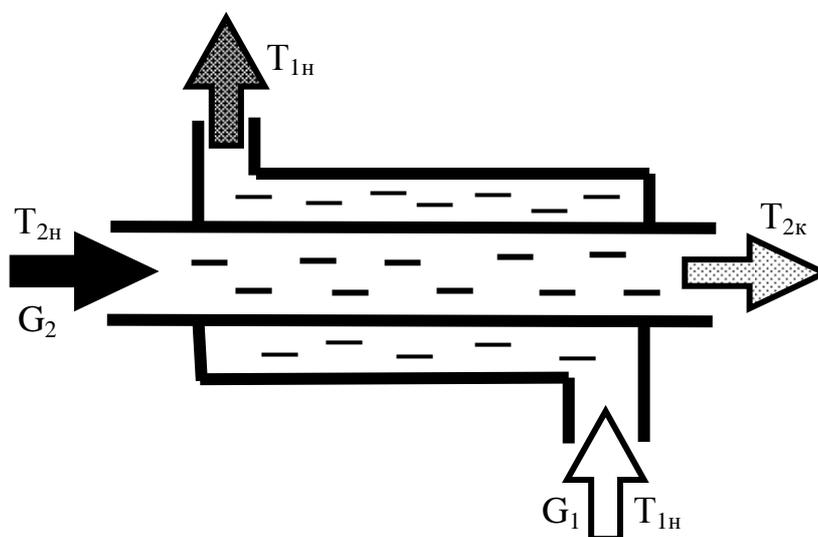


Рисунок. Схема теплообменника.

Интерес представляет анализ влияния различного рода возмущений на выходные параметры аппарата. Изучение динамических характеристик теплообменника необходимо для подбора приборов автоматического регулирования и их настройки.

Составим математическую модель работы теплообменника в неустановившихся режимах. Схема теплообменника типа «труба в трубе» представлена на рисунке. Условно принято, что в центральную трубу направлен горячий теплоноситель. Расчётные выражения остаются в силе, если теплоносители поменять местами. Результаты можно распространить на кожухотрубчатый теплообменник, если под центральной трубой понимать трубный пучок. На рисунке показан случай противотока, но расчётные выражения построены так же и для прямотока.

Начальная температура горячего теплоносителя  $T_{2н}$ , конечная -  $T_{2к}$ . Соответственно, начальная температура холодного теплоносителя  $T_{1н}$ , конечная -  $T_{1к}$ . Расход горячего теплоносителя  $G_2$ , холодного -  $G_1$ . Теплофизические свойства и коэффициенты теплоотдачи теплоносителей постоянны.

Уравнение теплопередачи

$$\Phi = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – тепловой поток;  $K$  – коэффициент теплопередачи;  $F$  – площадь теплопередающей поверхности;  $\Delta t_{cp}$  – средняя разность температур.

При составлении теплового баланса в первом приближении будем считать, что температура в средней части горячего теплоносителя равна среднему арифметическому значений температур  $T_{2н}$  и  $T_{2к}$ , т.е. может быть представлена как  $0,5(T_{2н} + T_{2к})$  и аналогично – температура подогреваемой жидкости будет равна  $0,5(T_{1н} + T_{1к})$ . Уравнение теплового баланса для жидкостей в трубном и межтрубном пространстве может быть записано следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \text{Скорость} \\ \text{изменения} \\ \text{энтальпии} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Приход тепла} \\ \text{с потоком} \\ \text{жидкости} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \text{Отвод тепла} \\ \text{с потоком} \\ \text{жидкости} \end{bmatrix} \pm \begin{bmatrix} \text{Теплопередача} \\ \text{через стенку} \\ \text{трубы} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Знак плюс в (2) относится к холодному, а минус – к горячему теплоносителю. Потери в окружающую среду не учитываем.

Запишем уравнение (2) в развернутой форме.

Для внутренней трубы (горячий теплоноситель)

$$\frac{d}{dt} \left( \rho_2 C_2 V_2 \frac{T_{2н} + T_{2к}}{2} + C_t m_t \frac{T_{2с} + T_{1с}}{2} \right) = G_2 C_2 (T_{2н} - T_{2к}) - \Phi. \quad (3)$$

Для межтрубного пространства (холодный теплоноситель)

$$\frac{d}{dt} \left[ (\rho_1 C_1 V_1 + C_k m_k) \frac{T_{1к} + T_{1н}}{2} \right] = G_1 C_1 (T_{1н} - T_{1к}) + \Phi, \quad (4)$$

где  $T_{2с} = \frac{T_2^*(A_2 - 1) + T_1^*}{A_2}$ ,  $T_{1с} = \frac{T_1^*(A_1 - 1) + T_2^*}{A_1}$ ,  $T_2^* = \frac{T_{2н} + T_{2к}}{2}$ ,  $T_1^* = \frac{T_{1н} + T_{1к}}{2}$ ,

$$A_2 = 1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1} + \frac{\alpha_2 \delta}{\lambda}, \quad A_1 = 1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_2} + \frac{\alpha_1 \delta}{\lambda}; \quad \rho_2, \rho_1, C_2, C_1 - \text{плотности и теплоемкости го-}$$

рячего и холодного теплоносителей;  $V_2, V_1$  - объемы жидкости в трубном и межтрубном пространстве теплообменника;  $t$  - время;  $C_k, C_t$  – удельные теплоёмкости материала корпуса и труб;  $m_k, m_t$  – масса корпуса и труб;  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи со стороны холодного и горячего теплоносителей;  $\delta, \lambda$  – толщина стенки и коэффициент теплопроводности труб. Здесь и ниже индексом 1 помечены величины, связанные с холодным теплоносителем, 2- с горячим.

В уравнении (3), для низкого темпа изменения температуры, внутри стенки трубы принято линейное распределение температур. Кривизной стенки трубы пренебрегаем. В

уравнении (4) температура корпуса принята равной температуре теплоносителя в межтрубном пространстве. Численные оценки показывают, что теплоёмкость корпуса и труб составляет порядка 10 % от теплоёмкости жидкостей, заполняющих теплообменник. Поэтому далее для уменьшения громоздкости уравнений термическое влияние корпуса и труб не учитываем ( $m_k = m_t = 0$ ).

Рассмотрим случай постоянных расходов теплоносителей. Начальные температуры теплоносителей изменяются во времени. Температуры теплоносителей на выходе будут изменяться согласно уравнениям (3) и (4).

В начальный момент времени температуры теплоносителей имели постоянные значения, и для стационарного состояния выполнялось условие теплового баланса (без учета потерь)

$$G_2 C_2 (T_{2н}^0 - T_{2к}^0) = G_1 C_1 (T_{1к}^0 - T_{1н}^0). \quad (5)$$

где  $T_{2н}^0, T_{2к}^0, T_{1к}^0, T_{1н}^0$  – стационарные значения температур теплоносителей.

Введем безразмерные переменные и параметры

$$\{\theta_{2н}, \theta_{2к}, \theta_{1н}, \theta_{1к}\} = \frac{\{T_{2н}, T_{2к}, T_{1н}, T_{1к}\}}{T_{2н}^0}, \quad \tau = \frac{G_2 t}{\rho_2 V_2}, \quad L = \frac{KF}{G_2 C_2}, \quad (6)$$

$$D = \frac{G_1 \rho_2 V_2}{G_2 \rho_1 V_1}, \quad M = \frac{G_2 C_2}{G_1 C_1}, \quad \Phi_1 = \frac{\Phi}{T_{2н}^0}.$$

С учетом соотношений (6), уравнения (3), (4) примут вид

$$\frac{d\theta_{2к}}{d\tau} = -\frac{d\theta_{2н}}{d\tau} + 2\theta_{2н} - 2\theta_{2к} - 2L\Phi_1, \quad (7)$$

$$\frac{d\theta_{1к}}{d\tau} = -\frac{d\theta_{1н}}{d\tau} + 2D(\theta_{1н} - \theta_{1к}) + 2LMD\Phi_1,$$

где  $\Phi_1 = [(\theta_{2н} - \theta_{1н}) - (\theta_{2к} - \theta_{1н})] \ln^{-1} \frac{(\theta_{2н} - \theta_{1н})}{\theta_{2к} - \theta_{1н}}$  – при противотоке,

$\Phi_1 = [(\theta_{2н} - \theta_{1н}) - (\theta_{2к} - \theta_{1к})] \ln^{-1} \frac{(\theta_{2н} - \theta_{1н})}{\theta_{2к} - \theta_{1к}}$  – при прямотоке теплоносителей.

Начальное условие для системы (7)

$$\tau = 0: \quad \theta_{2к} = \theta_{2к}^0, \quad \theta_{1к} = \theta_{1к}^0. \quad (8)$$

Уравнения (7), (8) применимы для анализа как противотока, так и прямотока, но при этом необходимо использовать соответствующую форму функции  $\Phi_1$ .

Выполнен численный анализ модели. Рассмотрен случай синусоидального изменения температуры на входе горячего теплоносителя по закону  $\theta_{2н}=1+0,1\sin(2\tau)$ . Также выполнен анализ математической модели при ступенчатом изменении (понижении) начальной температуры горячего теплоносителя:  $\tau=0, \theta_{2н}(\tau)=1$ ;  $\tau>0, \theta_{2н}(\tau)=0,9$ . Расчеты показывают, что продолжительность переходного процесса в объекте составляет порядка единицы ( $\tau_n \approx 1$ ).

## **ГИДРОДИНАМИКА ПЕРЕЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДВЕСНОГО ТИПА**

Н.С. Шибитов ст. преподаватель кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Н.В. Шибитова доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Е.А. Кузнецов студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

В.Н. Максименков студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

При проектировании ректификационных, абсорбционных и других массообменных аппаратов большое внимание уделяется созданию эффективных контактных устройств высокой производительности и с большим диапазоном устойчивой работы. Выполнение этих требований в значительной степени зависит от характеристик работы переливных устройств тарелок массообменных аппаратов.

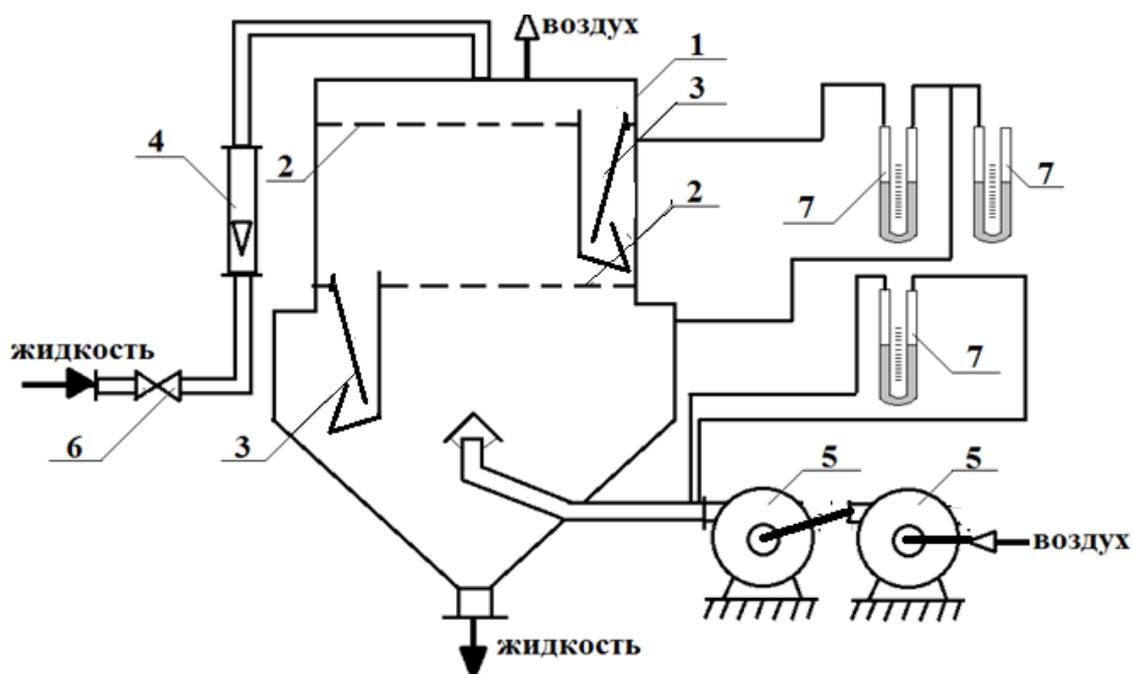
В нефтеперерабатывающей и химической промышленности наиболее распространены переливные устройства со статическим гидрозатвором [1]. Гидрозатвор в этих переливных устройствах создается благодаря тому, что жидкость из переточного канала попадает в приемный карман, ограниченный с одной стороны приемной планкой, а с другой – стенкой переливного устройства или стенкой колонны. В обоих случаях верхняя кромка приемной планки находится несколько выше нижней кромки сливной перегородки. Таким образом, жидкость, находящаяся в приемном кармане, препятствует проходу паров через перелив.

Конструкция переливного устройства характеризуется его пропускной способностью, т. е. допустимыми скоростями жидкости в переточном канале, которые определяются из условий сепарации двухфазного потока в переливном устройстве. Возможность и степень сепарации поступающего двухфазного потока зависят от способа его ввода в переливное устройство. При нормальной работе переливного устройства предполагается, что из перелива на нижележащую тарелку поступает только чистая жидкость. Если же конструкция переливного устройства или режим его работы допускают возможность прохода захваченных жидкостью пузырьков пара (газа) через перелив с вышележащей тарелки на нижерасположенную, то возникает рециркуляция парового (газового) потока [2].

Рециркуляция снижает эффективность работы контактного устройства вследствие уменьшения движущей силы процесса массопередачи и уменьшает производительность аппарата из-за увеличения фактической скорости паров (газов).

Целью данной работы является исследование гидродинамики статического переливного устройства подвешного типа, на которое получен патент РФ [3].

На рисунке 1 приведена схема экспериментальной установки.



1 - колонна; 2 - ситчатая тарелка; 3 - подвесное переливное устройство;  
4 - ротаметр; 5 - вентиляторы; 6 - вентиль; 7 - дифманометр.

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из прозрачного корпуса, в котором установлены две ситчатые тарелки 2 с переливными устройствами подвешенного типа 3, также выполненными из оргстекла. Жидкость подавалась в колонну через ротаметр РС-7 поз. 4, а воздух поступал в нижнюю часть колонны через распределитель с помощью вентиляторов 5. Расход воздуха измерялся диафрагмой с дифманометром 7. Количество подаваемого воздуха изменялось за счет опускания заслонки на входном штуцере вентилятора 5.

На первом этапе проведения экспериментальных исследований по общепринятой методике определялось гидравлическое сопротивление сухой ситчатой тарелки, что позволило рассчитать коэффициент сопротивления тарелки.

Особое внимание уделялось изучению работы разработанного переливного устройства подвешенного типа, изображенного на рисунке 2.

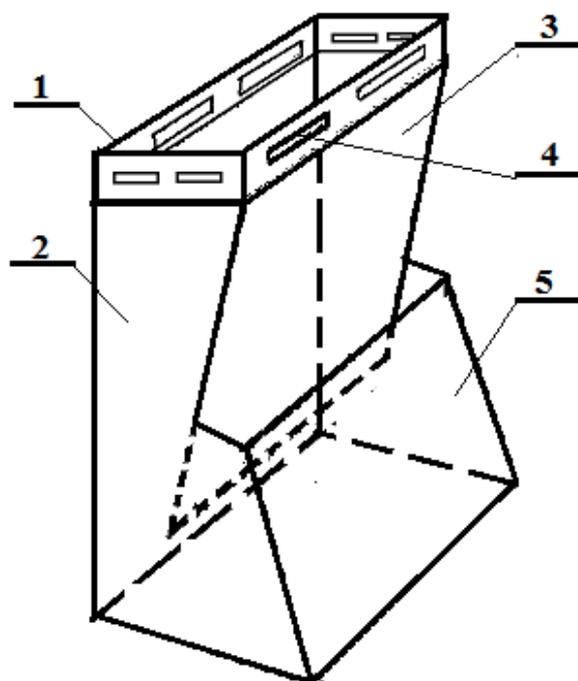


Рисунок 2. Схема переливного устройства  
 1 – выступающая часть; 2 – переливной карман; 3 – отбойник;  
 4 – щели для слива; 5 – планка переливная

4 –

Особенностью данной конструкции переливного устройства является то, что оно выполнено автономным и крепится только к тарелке 2, кроме того, выступающая часть устройства 1, имеющая щели 4 для слива чистой жидкости, играет роль сливной планки, регулируя уровень жидкости на тарелке. Площадь сечения переливного кармана 2 увеличивается к выступающей части, что способствует хорошему газоотделению, а отбойник 3 с переливной планкой 5 образуют постоянный статический гидрозатвор.

С целью определения гидравлического сопротивления переливного устройства без учета сопротивления тарелки жидкость подавалась непосредственно в переливное устройство, а превышение уровня жидкости в переливном кармане над верхним краем планки перелива по сути показывало сопротивление устройства при данном расходе жидкости.

При проведении экспериментальных исследований, кроме гидравлического сопротивления ситчатых тарелок, фиксировалось превышение уровня жидкости в переливном кармане над верхней кромкой переливной планки в зависимости от расхода воздуха и жидкости. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Подъем уровня в переливном устройстве над уровнем планки в зависимости от расхода жидкости и газа

Расход жидкости, м <sup>3</sup> /ч	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч		
	320	240	150
0,19	26 мм.вод.ст.	24 мм.вод.ст.	21 мм.вод.ст.
0,26	28 мм.вод.ст.	25 мм.вод.ст.	21 мм.вод.ст.
0,36	31 мм.вод.ст.	25 мм.вод.ст.	21 мм.вод.ст.
0,44	34 мм.вод.ст.	26 мм.вод.ст.	23 мм.вод.ст.
0,55	37 мм.вод.ст.	28 мм.вод.ст.	24 мм.вод.ст.

В результате проведенных исследований по гидродинамике переливных устройств подвешенного типа установлено, что с увеличением расхода жидкости и воздуха общее сопротивление ситчатой тарелки и переливного устройства увеличивается, но при достижении пузырькового режима работы тарелки общее сопротивление изменяется незначительно.

#### Литература

1. Вихман, А.Г. Переливные устройства массообменных тарелок массообменных аппаратов: обзорная информация / М.А. Берковский, С.А. Круглов; ЦИНТИХИМ-НЕФТЕМАШ. – Уфа, 1976. – 28 с.
2. Александров, И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты : монография / И.А Александров ; под ред. Р.М. Степанова. Изд. 2-е переработанное. – М.: Химия, 1987. – 296 с.
3. Пат. 2438748С2 Российская Федерация МПК В01D3/16. Массообменная тарелка / Н.С. Шибитов, Н.В. Шибитова; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью ЭкоЦентрИнжиниринг научно-производственная фирма ООО НПФ ЭкоЦентрИнжиниринг. – № 2010111613/05; заявл. 25.03.2010; опубл. 10.01.2012.

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ РАССОЛА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАУСТИЧЕСКОЙ СОДЫ**

Н.В. Шибитова доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
Н.С. Шибитов доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
В.В. Федотов студент кафедра ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
В.В. Гудименко студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

Очистка рассола в производстве каустической соды по диафрагменному методу является важной стадией [1]. Подземный рассол, как и рассол, полученный растворением поваренной соли, содержит кроме хлорида натрия механические примеси (песок, глину и другие нерастворимые вещества), растворимые в воде соли кальция, магния, а также сернокислые соли.

Известно, что присутствие в очищенном рассоле нерастворимых солей кальция и магния служит причиной забивки пор диафрагмы. При фильтровании рассола через диафрагму механические примеси оседают в порах диафрагмы и забивают их, вследствие чего уменьшается скорость протекания анолита через диафрагму, повышается концентрация щелочи сверх допустимых пределов и снижается выход по току, что увеличивает производственные расходы.

Кроме этого в сгущенном шламовом стоке после отстойника Дорра содержится большое количество рассола, который безвозвратно теряется на очистных сооружениях, что приводит к финансовым потерям и загрязнению окружающей среды.

Целью работы является улучшение качества очистки рассола, подаваемого на стадию электролиза, и максимальное извлечение рассола из шлама, отводимого после отстойника Дорра.

Для совершенствования схемы очистки рассола предлагается после отстойника на линии отвода сгущенного шлама установить шнековую центрифугу [2] для возврата в технологический процесс значительной части рассола. А на линии отвода осветленного рассола вместо механических фильтров с зернистым материалом установить разработанную конструкцию самоочищающегося гидродинамического фильтра непрерывного дейст-

вия [3]. Особенностью конструкции фильтра является возможность очистки фильтрующей поверхности без остановки работы и использования обратной промывки, не требуется регенерация поверхности фильтрования. Указанные факторы способствуют увеличению производительности фильтра.

На рисунке 1 показана предлагаемая технологическая схема.

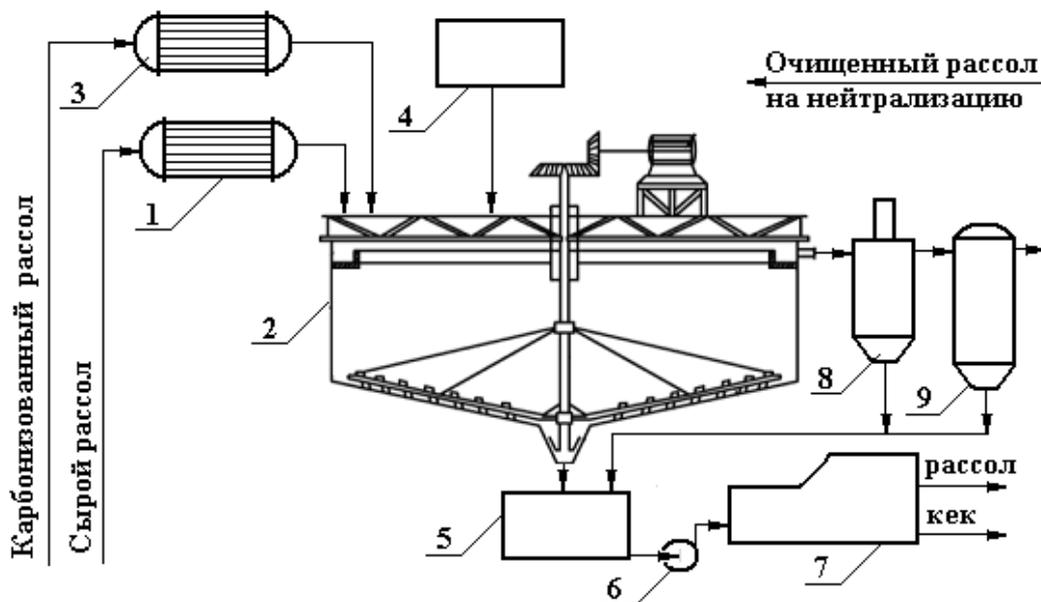


Рисунок 1. Предлагаемая схема очистки рассола в производстве каустической соды

- 1, 3 – подогреватели рассола; 2 – отстойник Дорра (отстойник-осветлитель); 4 – емкость; 5 – сборник шлама; 6 – центробежный насос; 7 – центрифуга; 8 – самоочищающийся фильтр; 9 – фильтр тонкой очистки

Сырой рассол подогревают в теплообменнике 1 и направляют в отстойник-осветлитель 2. Сюда же подают карбонизованный рассол, подогретый в теплообменнике 3, и гидролизованный полиакриламид из емкости 4.

Образовавшийся в результате химических реакций шлам из нижней части отстойника-осветлителя 2 выводят в сборник шлама 5, из которого центробежным насосом 6 направляют на центрифугу фирмы Флоттвег (декантер Z4E-454). В центрифуге 7 происходит отделение шлама от рассола. Твердая фаза в виде обезвоженного шлама (кека) выводится в поддон и вывозится на шламохранилище, а рассол возвращают в технологический процесс.

Из верхней части отстойника Дорра очищенный рассол непрерывно отводят и направляют на фильтрацию сначала в самоочищающийся фильтр 8, затем фильтр тонкой очистки 9. Далее очищенный рассол поступает на нейтрализацию.

Таким образом, предлагаемые технические решения по изменению схемы очистки рассола позволят снизить эксплуатационные расходы на 20% за счет отсутствия затрат на замену и регенерацию зернистого материала в механических фильтрах, уменьшения затрат на обслуживание и ремонт самоочищающегося фильтра и транспортировку кека в отвал, сокращения потерь рассола, возвращаемого в технологический процесс.

Литература:

1. Якименко Л.М., Пасманик Н.И. Справочник по производству хлора, каустической соды и основных хлорпродуктов. - М.: Химия, 1976.

2. Технология сепарации компании Flottweg. Области применения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.flottweg.com/ru/applications> (дата обращения 20.02.15).
3. П. м. 135528 РФ, МПК В01D29/64. Фильтр гидродинамический самоочищающийся / Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б., Баев Д.А.; ВолгГТУ. - 2013.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СТАДИИ ОСУШКИ ХЛОРА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАУСТИЧЕСКОЙ СОДЫ

Н.В. Шибитова доцент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
Н.С. Шибитов ст. преподаватель кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград  
Р.М. Тимошенко студент кафедры ПАХП ВолгГТУ г. Волгоград

В процессе электролиза водного раствора поваренной соли в диафрагменных электролизерах образуется электролитическая щелочь, хлор и водород технический. Получаемый хлор охлаждают, тщательно сушат и компримируют для подачи потребителям под необходимым давлением [1]. Согласно ГОСТу 6718-93 «Хлор жидкий. Технические условия» объемная доля хлора для высшего сорта составляет не менее 99,8%, а массовая доля воды – 0,01%.

Транспортирование влажного хлора затруднено из-за сильной коррозии трубопроводов и оборудования. Сушка проводится концентрированной серной кислотой 96–98% масс. в колонных насадочных аппаратах.

Для эффективной работы на этом оборудовании необходимо установить оптимальный технологический режим, который позволит проводить сушку хлора с наименьшими производственными затратами. Моделирование с помощью программы PRO-II позволяет определить оптимальный режим работы стадии сушки хлора.

В работе анализируется влияние температуры входящего влажного потока хлора в колонну на расход серной кислоты и количество поглощаемой влаги. При этом оцениваются энергетические затраты на теплообменное оборудование.

На рисунке 1 показана принципиальная схема сушки хлора после конденсации влаги в теплообменниках и колонне смешения [2]. Хлор для сушки проходит последовательно две колонны поз. 1 и поз. 4. Он вводится в каждую колонну снизу, орошается серной кислотой и выводится сверху. Кислота вводится сверху и по насадке стекает вниз в кубовую часть. Поглощая влагу из газа, кислота разбавляется. Поэтому концентрация серной кислоты в верхней части колонны всегда выше, чем в нижней.

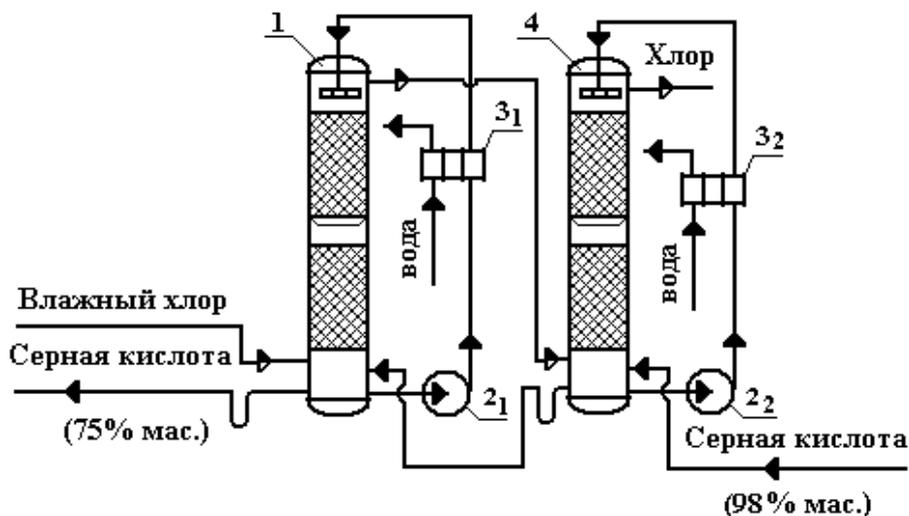


Рисунок 1. Установка сушки хлора  
1, 4 – колонна сушки; 2 – центробежный насос; 3 – холодильник

Циркуляция серной кислоты в каждой колонне осуществляется отдельным насосом поз. 2 по замкнутому контуру: насос - холодильник - колонна - насос.

При поглощении влаги из хлора выделяется большое количество теплоты (теплота гидратации, разбавления), за счет чего кислота разогревается. Перед подачей в колонны поз. 1 и поз. 4, кислота охлаждается в холодильниках поз. 3<sub>1,2</sub> до температуры 40–50 °С.

На действующем производстве повышенная температура серной кислоты может возникнуть по следующим причинам:

- недостаточное охлаждение хлора в теплообменниках, при этом увеличивается влаго-содержание и соответственно приход паров воды на стадию осушки;
- неудовлетворительная работа холодильников поз. 3<sub>1,2</sub> серной кислоты (загрязнение поверхности теплообмена);
- выход из строя холодильников поз. 3<sub>1,2</sub> серной кислоты.

Основной задачей при осушке хлора является строгое соблюдение температурного режима на этой стадии.

В таблицах 1 и 2 приведены исходные данные и результаты проведенных расчетов.

Таблица 1

Исходные и расчетные данные по абсорбционной установке

Наименование параметра	Исходные данные для расчета			
1. Давление в колоннах поз.1 и поз. 4, атм	1,0			
2. Производительность газовой смеси на колонну поз. 1, кг/ч	12833,95			
2.1 Состав газовой смеси на входе в колонну поз. 1, кг/ч				
- Cl <sub>2</sub>	12730,00			
- вода	103,95			
2.2 Температура серной кислоты на входе в колонны поз.1 и поз. 4, °С	40,0–50,0			
Расчетные данные				
Температура серной кислоты на входе в колонну поз. 1, °С	Холодильники поз. 3 (хладагент оборотная вода (t <sub>н</sub> = 25 °С, t <sub>к</sub> = 35 °С))			
	Тепловая нагрузка на холодильник поз. 3 <sub>1</sub> , М·Ккал/ч	Расход хладагента, кг/ч	Тепловая нагрузка на холодильник поз. 3 <sub>2</sub> , М·Ккал/ч	Расход хладагента, кг/ч
40,00 (при температуре газовой смеси на входе в колонну t = 12 °С)	0,107	10710,84	0,101	10089,89
40,00 (при температуре газовой смеси на входе в колонну t = 35 °С)	0,127	12719,12	0,139	13873,60



## Литература:

- 1 Якименко Л.М., Пасманник Н.И. Справочник по производству хлора, каустической соды и основных хлорпродуктов. - М.: Химия, 1976. 400 с.
- 2 Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. - М.: Химия, 1974. 600 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РЕЗИНОСМЕСИТЕЛЯ

Мокрецова И.С., Штондин Д.Ю.

В настоящее время в резиновой промышленности осуществляется техническое перевооружение на основе новой техники с целью повышения эффективности производства, производительности труда и улучшения качества продукта.

Процесс смешения характеризуется затратой определенного количества энергии на единицу количества смеси, а также возникающими в массе перерабатываемого материала сдвиговыми и нормальными напряжениями. При работе резиносмесителя между его рабочими органами — роторами и камерой, с одной стороны, и перерабатываемым материалом, с другой, - устанавливается определенное взаимодействие, сопровождаемое возникновением больших усилий, которые определяют конструктивные особенности машины с точки зрения прочности деталей и потребления энергии.

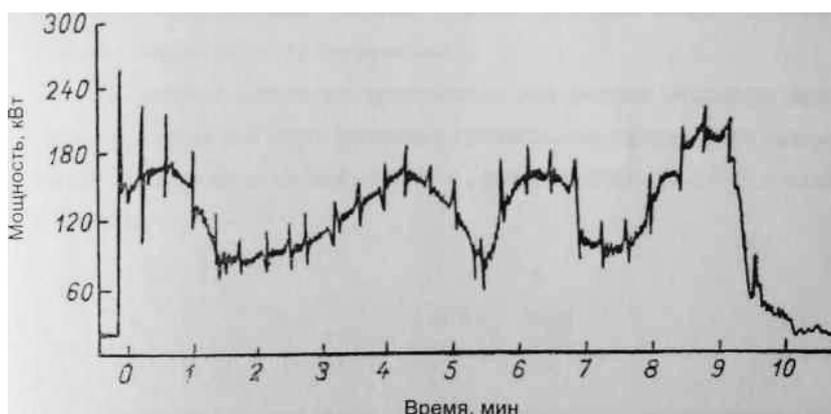


Рис. 1. Диаграмма потребляемой энергии электродвигателем резиносмесителя

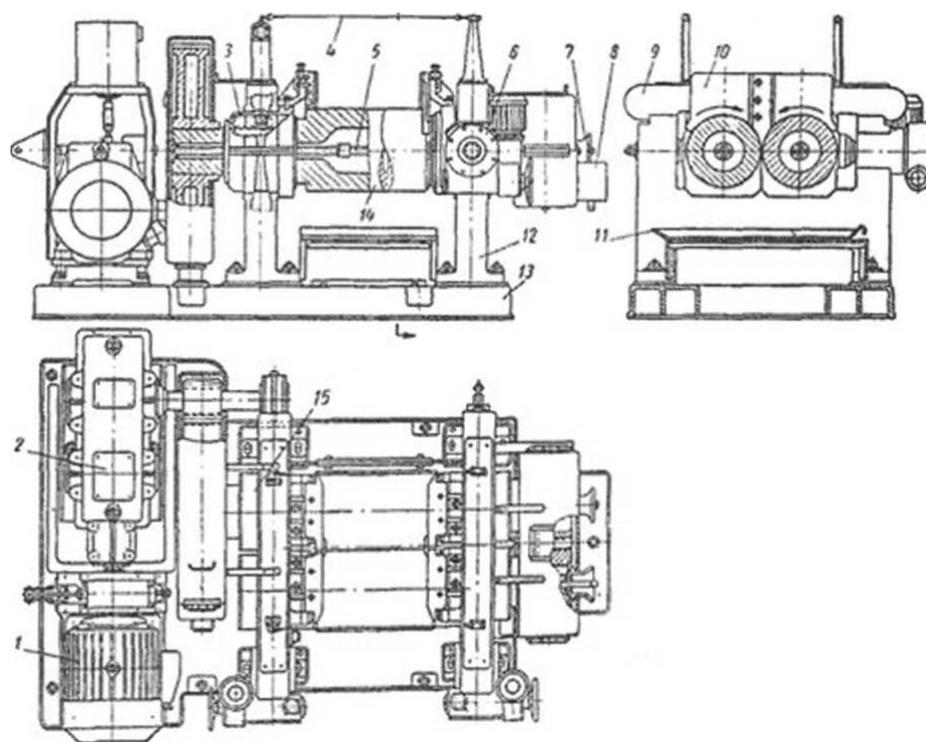


Рис. 2. Общий вид вальцов: 1 - электродвигатель; 2 - редуктор; 3 - подшипники переднего валка; 4 - аварийное устройство; 5 - охлаждающее устройство; 6 - механизм регулирования зазора; 7 - сливная воронка; 8 - ванна; 9 - траверса; 10 - ограничительные стрелы; 11 - поддон; 12 - станины; 13 - фундаментная плита; 14 - валки; 15 - подшипники заднего валка.

В настоящее время в резиновой промышленности осуществляется техническое перевооружение на основе новой техники с целью повышения эффективности производства, производительности труда и улучшения качества продукта.

Процесс смешения характеризуется затратой определенного количества энергии на единицу количества смеси, а также возникающими в массе перерабатываемого материала сдвиговыми и нормальными напряжениями. При работе резиносмесителя между его рабочими органами — роторами и камерой, с одной стороны, и перерабатываемым материалом, с другой, — устанавливается определенное взаимодействие, сопровождаемое возникновением больших усилий, которые определяют конструктивные особенности машины с точки зрения прочности деталей и потребления энергии.

Вальцы приводятся в движение от электродвигателя через коническо-цилиндрический редуктор 2, приводные и фрикционные зубчатые колеса. Привод и вальцы смонтированы на общей фундаментной плите 13 (чугунной или железобетонной).

Технологический процесс получения резиновой смеси проводят механическим смешением различных ингредиентов с каучуком. Из-за значительного повышения температуры в процессе смешения, процесс проводят в две стадии. На первой стадии смешивают каучук со всеми ингредиентами, кроме вулканизирующих агентов и ускорителей вулканизации. После остывания полученной маточной смеси, во вторую стадию, в смесь вводят серу и ускорители. Перемешивание достигается силовым воздействием рабочих органов резиносмесителя на смешиваемый материал, в результате чего образуется равномерно распределённая смесь ингредиентов в каучуке. Процесс приготовления резиновых смесей проводят, как правило, в роторных резиносмесителях, представляющих собой смесительную (рабочую) камеру с вращающимися внутри неё на встречу друг другу роторами, приводимыми в движение электродвигателем, через блок-редуктор. Над смесительной камерой закреплены: загрузочная воронка и верхний затвор, представляющий собой пневмо-

цилиндр предназначенный для создания давления на обрабатываемую смесь. Заслонка загрузочной воронки также управляется пневмоприводом. Снизу смесительная камера закрывается скользящим нижним затвором. Приготовление резиновых смесей осуществляем в резиносмесителе РСВД 250-40 первая стадия и процесса и РСВД 250-30 вторая стадия. Смешение начинается с заполнения питательных бункеров исходными материалами. Все материалы доставляемые к смесителю можно условно разделить на:

- используемые в больших количествах: каучуки, технический углерод (сажа) 50 и более килограмм на одну закладку смеси;

Охлаждение валков, Интенсивность охлаждения определяет температурный режим работы вальцов, от которого зависят многие технологические факторы и работа установки в целом. При переработке резиновых смесей на вальцах выделяется значительное количество тепла.

Для поддержания нужной температуры резиновой - смеси валки внутри подвергаются охлаждению, а в случае надобности - и подогреву. Различают два способа охлаждения валков: открытый и закрытый

При открытом способе охлаждающая вода подводится по трубопроводу, проходящему во внутреннюю полость валка. Для выхода воды на внутреннем участке трубопровода по всей длине рабочей части валка и на определенном расстоянии друг от друга имеются отверстия или форсунки, через которые вода со скоростью 6-12 м/с разбрызгивается, орошая поверхность валков. Далее вода собирается внизу и заполняет полость валка. Через внутреннее отверстие вода попадает в сливную воронку, затем в сборник и канализацию.

Закрытый способ позволяет производить либо охлаждение валков водой, либо обогрев их паром. Для этого служит специальное сальниковое уплотнение. Охлаждающая вода поступает по трубе, полностью заполняет внутреннюю полость валка и отводится по трубе. Отвод воды от внутренней поверхности валка производится при меньшей по сравнению с открытым способом скорости, что замедляет скорость охлаждения валка. Сложность конструкции и малая интенсивность охлаждения валков затрудняют широкое использование этого способа. Он применяется лишь в тех случаях, когда необходимо не только охлаждать, но и обогревать валки. Эффективность охлаждения валков существенно зависит от состояния их внутренних поверхностей. Поэтому внутренняя поверхность валков должна периодически очищаться специальными скребками

## **СИНТЕЗ ДИАДАМАНТИЛОВЫХ ЭФИРОВ (ДИ)- ТИОКАРБАМИНОВЫХ КИСЛОТ**

***Д.А. Крюкова; О.М. Иванкина; Г.М. Бутов***

Серосодержащие производные адамантана могут представлять значительный интерес как в фармакологии в качестве биологически активных веществ, так и в технике. Серосодержащие соединения, имеющие в своем составе два адамантильных фрагмента, также представляют интерес в качестве объектов супромолекулярной химии. Эфиры (ди)-тиокарбаминовок кислот обладают широким спектром биологической активности и находят применение в качестве фунгицидов, гербицидов, бактерицидов, регуляторов роста и развития насекомых и растений и в других областях техники [1].

Для синтеза диадамантилсеросодержащих S-эфиров (ди)- тиокарбаминовок кислот мы использовали 1-адамантилмеркаптан и производимые в промышленных масштабах диизоцианаты (гексаметилендиизоцианат, 1,4-фенилендиизоцианат). Реакции проводили в среде безводного растворителя (диэтиловый эфир, 1,4-диоксан) при температуре его кипения. В качестве катализатора использовали триэтиламин (ТЭА). Молярное соотношение

1-адамантилмеркаптан : диизоцианат 2,05:1. Время реакции 3 часа. Реакции приведены на схеме 1.

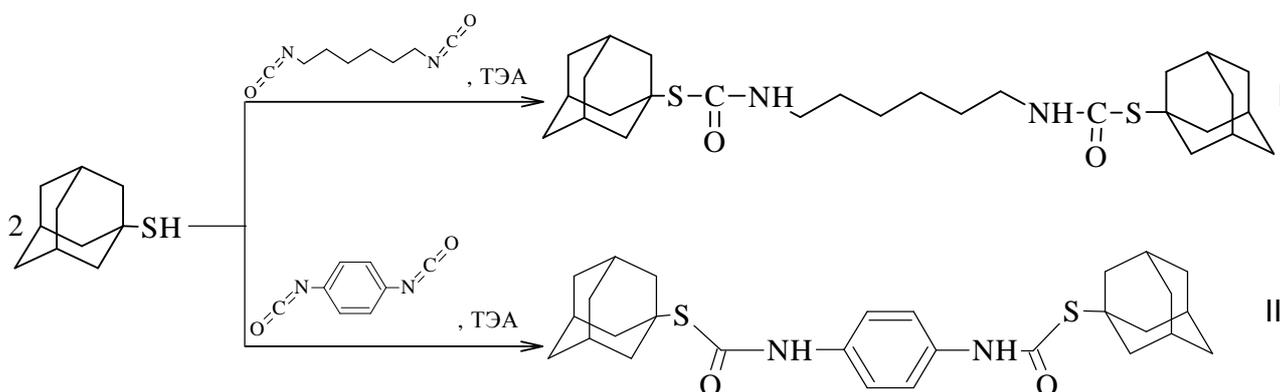
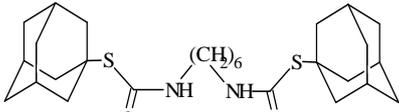
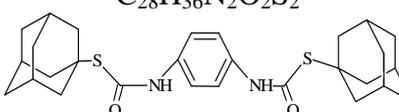


Схема 1

Соединение (I) выделяли из реакционной массы отгоняя растворитель. Полученный осадок очищали перекристаллизацией. Соединения (II) в ходе синтеза выпадало в осадок, который отфильтровывали и промывали небольшим количеством гексана.

Для установления структуры полученных соединений был снят ЯМР  $^1\text{H}$ - спектр. Характеристики спектра и некоторые физические свойства синтезированных соединений приведены в таблице 1.

**Таблица 1 Свойства и ЯМР  $^1\text{H}$  спектры синтезированных соединений**

Формула и структура соединения	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	Растворимость	Спектр ЯМР $^1\text{H}$ (ДМСО- $d_6$ ), $\delta$ , м.д.
<p>Диадамантиловый S-эфир гексаметилен(ди)-тиокарбаминовой кислоты</p> $\text{C}_{28}\text{H}_{44}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2$	180 – 181	Хорошо ДМСО, диэтиловый эфир, ТГФ, плохо в гексане, циклогексане, не раств. в воде	7,81 с (2H, 2NH); 2,97 д (4H, 2CH <sub>2</sub> ); 2,05 с, 1,65 с (12H <sub>Ad</sub> , 6CH <sub>2Ad</sub> ); 1,97 с (6H, 6CH <sub>Ad</sub> ); 1,19 с, 1,35 с (8H, 4CH <sub>2</sub> ).
 <p>Внешний вид: белый кристаллический порошок</p>			
<p>Диадамантиловый S-эфир фенилен(ди)-тиокарбаминовой кислоты</p> $\text{C}_{28}\text{H}_{36}\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2$	Разлагается >295	ДМСО, диэтиловый эфир, ТГФ, плохо в гексане, циклогексане, не раств. в воде	8,54 с (2H, 2NH); 7,36 с (4H, 4CH); 2,1 с, 1,65 с (12H <sub>Ad</sub> , 6CH <sub>2Ad</sub> ); 2,00 с (6H, 6H <sub>Ad</sub> ).
 <p>Внешний вид: белый кристаллический порошок</p>			

Таким образом, было изучено взаимодействие 1-адамантилмеркаптана с диизоцианатами (гексаметилендиизоцианатом, 1,4-фенилендиизоцианатом). Установлено, что данные реакции приводят к образованию диадамантилового S-эфира гексаметилен(ди)-

тиокарбаминовой кислоты и диадамантилового S-эфира фенилен(ди)-тиокарбаминовой кислоты. Выход составил 70 и 90 % соответственно. Структура полученных продуктов была подтверждена методами ЯМР<sup>1</sup>H-спектроскопии.

### Список литературы:

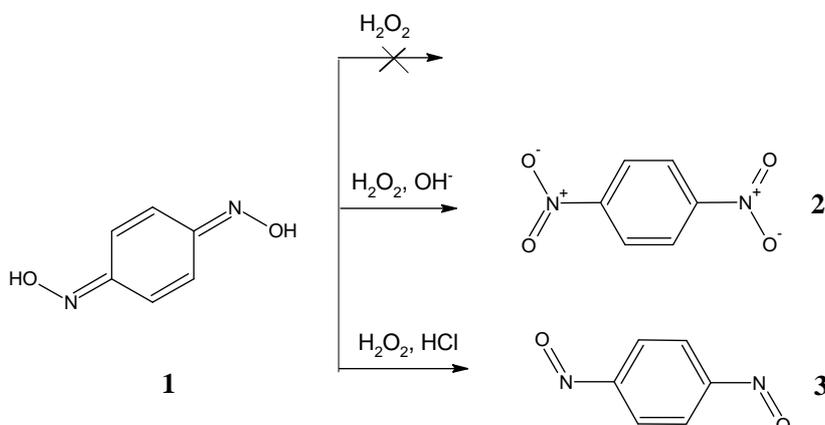
1. Мельников, Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение / Н.Н. Мельников – М.: Химия, – 1987. – 712 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА *p*-ДИНИТРОЗОБЕНЗОЛА

*Ильинский Д.В. студент ВХТ-201, Елисеев П.Ю. студент ВХТ-201, Бутов Г.М. д.х.н., профессор, Иванкина О.М к.х.н., доцент Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета*

*p*-Динитрозобензол (*p*-ДНБ) применяется как низкотемпературный вулканизирующий агент каучуков и адгезивов резина-металл [1]. Одним из первых способов получения *p*-ДНБ основан на окислении *p*-бензохинондиоксима (*p*-БХД) железосинеродистым калием в щелочной среде. В дальнейшем был разработан ряд способов получения *p*-ДНБ с использованием других окислителей: хлорида железа (III), хлора, азотной кислоты, гипохлорита или гипобромита натрия [2]. Перечисленные способы объединяет ряд существенных недостатков: необходимость утилизировать побочные продукты, токсичность применяемых окислителей, снижение выхода целевого продукта из-за протекания побочных реакций.

В связи с этим перспективным в синтезе *p*-ДНБ является использование экологически безопасного окислителя перекиси водорода. Известно, что в нейтральной среде перекись водорода не вступает в реакцию окисления с *p*-БХД (1). При проведении реакции в щелочной среде идет количественное образование *p*-динитробензола (2). В кислой среде (в присутствии соляной кислоты) происходит практически количественное образование *p*-ДНБ (3). Это связывают с тем, что хлорид-ион катализирует разложение перекиси водорода [3,4]:



Для оптимизации стадии синтеза *p*-ДНБ было исследовано влияние времени окисления и избытка перекиси водорода на состав и выход целевого продукта. По требованиям

нормативной документации содержание исходного п-БХД в готовом продукте не должно превышать 2%.

Для получения п-ДНБ в реактор загружали воду, п-БХД, соляную кислоту. Затем при перемешивании и температуре 500С медленно дозировали расчетное количество 35%-ного раствора перекиси водорода. Реакционную массу выдерживали требуемое время. Далее продукт отфильтровывали, промывали водой и высушивали. Содержание остаточного п-БХД определяли спектрофотометрически. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Влияние времени окисления на состав и выход п-ДНБ

Время синтеза, час.	2,0	3,0	4,0	5,0
Содержание п-БХД, % масс.	3,1	2,4	1,91	1,9
Выход п-ДНБ, %	93,0	93,1	94,1	94,11

Таблица 2. Влияние избытка перекиси водорода на состав и выход п-ДНБ (время синтеза 4 часа)

Мольное соотношение п-БХД: перекись водорода	1:1	1:1,1	1:1,2
Содержание п-БХД, % масс.	3,15	1,91	1,9
Выход п-ДНБ, %	91,0	94,1	94,12

Как следует из приведенных данных, для получения п-ДНБ требуемого качества с максимально возможным выходом процесс следует проводить в течение 4-часов, используя 10%-ный избыток окислителя. Увеличение времени синтеза до 5 часов и избытка перекиси водорода до 20% является не целесообразным, т.к. не приводит к заметному увеличению выхода п-ДНБ и снижению содержания п-БХД.

Синтезированные образцы п-ДНБ были испытаны в составе лабораторной резиновой смеси Л-1-1 в лаборатории Волжского научно-технического комплекса. Результаты испытаний представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты испытаний вулканизатов

Наименование показателя	Норма	Фактически		
		Контрольный образец п-ДНБ	Образец №1*	Образец №2**
Условная прочность при растяжении, Мпа, не менее	5,0	7,3	5,1	5,3
Относительное удлинение при разрыве, % не менее	50	100	90	90
Пластичность, ед., в пределах	0,20-0,45	0,45	0,45	0,45
Плотность, кгс/см	(1,11-1,15)x103	1,13x103	1,13x103	1,13x103
Изменение массы после воздействия ДОС в течение 24ч., при температуре 60°С, %, в пределах	25±5	23,6	30,0	30,3

\*м.д.п-ДНБ 87%, м.д. п-БХД 1,7%; \*\*м.д. п-ДНБ 94%, м.д. п-БХД 0,5%.

Проведенные сравнительные испытания резин с использованием синтезированного п-ДНБ и контрольного образца показали, что опытные резины по всем показателям соответствуют требованиям нормы, но несколько уступают контрольному образцу физико-механическим свойствам.

#### Литература

1. Тихонова Н.П., Гинзбург Л.В. и др. // Каучук и резина. 1987, № 3. с.13.
2. Хищенко Ю.С., Макаров М.А. и др. // ЖПХ, 1969, т XLII, вып. 10, с.2384-2386.
3. Ермаков О.А., Комкова Ю.Ф. // ЖОрХ, 1984, том XX, вып. 10, с.2252-2253.
4. Пат. RU 2266897 2005.

# ЭКОНОМИКА, ОБРАЗОВАНИЕ, СОЦИОЛОГИЯ

## УПРАВЛЕНИЕ ОБОРОТНЫМ КАПИТАЛОМ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

С. А. Мироседи, к.э.н., доцент, Н. А. Колбова, студентка ФЭИ  
ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ, г. Волжский

Управление оборотным капиталом в условиях кризисной ситуации в экономике оказывает существенное влияние на результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятий реального сектора производства. Данное обстоятельство ставит задачи, связанные с рациональным использованием имеющихся оборотных ресурсов, так как постоянно растущая экономика требует все большее и большее их количество [3, с. 42].

Поскольку от организации процесса формирования и использования оборотного капитала в значительной степени зависит успешность деятельности предприятия, а также его ликвидность, платежеспособность, кредитоспособность и финансовая устойчивость, то актуальной становится проблема повышения эффективности управления оборотным капиталом. Особое значение данная проблема приобретает в условиях кризиса.

Стратегия и тактика управления производственным оборотным капиталом должна обеспечить компромисс между риском потери ликвидности и эффективностью работы. Это требует решения таких задач как обеспечение платежеспособности, т.е. способности оплачивать счета, выполнять обязательства, предотвращение угрозы банкротства и обеспечение приемлемого объема, структуры и рентабельности активов. При этом различные элементы оборотного капитала по-разному воздействуют на прибыль. Высокий уровень производственно-материальных запасов требует значительных текущих расходов, а широкий ассортимент готовой продукции способствует увеличению объемов реализации и доходов. Каждое решение, связанное с определением уровня денежных средств, дебиторской задолженности и производственных запасов, должно быть обосновано с позиции рентабельности данного вида активов и оптимизации структуры оборотного капитала в целом, что с учётом кризисных факторов позволяют сделать методики расчёта и прогнозирования денежных потоков [1, с. 56].

Риск потери ликвидности или снижения эффективности оборотного капитала заключается в следующем:

1) недостаточность денежных средств для ведения текущей деятельности, в случае появления необходимости капиталовложений, что создаёт риск прерывания производственного процесса, невыполнения контрактных обязательств либо потери возможной прибыли [4, с. 193];

2) недостаточность собственных кредитных возможностей, связана с ростом дебиторской задолженности, которая с одной стороны говорит об увеличении потенциальных доходов и повышении ликвидности, с другой – представляет иммобилизацию собственного оборотного капитала, что, при превышении некоторого предела, может привести к потере ликвидности и остановке производства. Это характерно для российских кризисных условий, увеличивших хронические взаимные неплатежи [2, с. 23];

3) недостаточность или избыточность производственных запасов для выполнения всех контрактов связана с риском дополнительных издержек или остановки производства;

4) излишний объём оборотного капитала в неликвидной форме увеличивает издержки хранения запасов и сокращает доходы;

5) высокий уровень кредиторской задолженности, особенно с короткими сроками погашения, образует кассовые разрывы, т.е. временный недостаток денежных средств, необходимых для финансирования наступивших очередных расходов;

6) рациональное сочетание краткосрочных и долгосрочных источников заёмного капитала особенно важно в кризисных условиях. Долгосрочные источники, как правило,

дороже, но иногда они обеспечивают при меньшем росте ликвидности большую суммарную эффективность.

Результаты успешного управления оборотными активами в современных кризисных условиях рассмотрим на примере ЗАО «Газпром Химволокно», являющегося одним из крупнейших российских химических предприятий по выпуску кордных и технических тканей. Экономический кризис, начавшийся в 2014 году, затронул и ЗАО «Газпром Химволокно». Согласно данным бухгалтерского баланса компании (таблица 1), оборотный капитал в 2013 году составлял 204,7 млн. руб., а в кризисный период 302,7 млн. руб., наибольшую долю в структуре оборотных активов составляют запасы, которые в условиях кризиса обусловили ряд проблем.

Таблица 1 – Динамика изменения составляющих оборотных активов ЗАО «Газпром Химволокно» за 2013-2014 гг., тыс. руб.

Показатель	Годы		Абсолютное отклонение
	2013	2014	
Оборотные активы	204713	302708	97995
Запасы	158720	256624	97904
– сырье, материалы и др. ценности	76668	166614	89946
– ГП и товары для перепродажи	44222	67079	22857
Налог на добавленную стоимость	1277	10663	9386
Дебиторская задолженность	25543	20803	-4740
Краткосрочные финансовые вложения	7857	-	-7857
Денежные средства	135	9171	9036

Увеличившиеся количество и объём запасов неизбежно вызвали рост издержек на хранение, потребовались дополнительные складские помещения. Кроме того, кредитные ресурсы стали менее доступны, ставка рефинансирования увеличилась, покупательная способность населения уменьшилась, что отрицательно отразилось на покупательском спросе.

Несмотря на возникшие во время кризиса проблемы, предприятие уделило значительное внимание внедрению новых технологий и замене старого оборудования новым, самым современным. С января 2014 года запущено в эксплуатацию производство пропиленных полиамидных (ПА 6 и ПА 6.6) и полиэфирных кордных тканей. Новая производственная линия построена на базе оборудования, изготовленного ведущими мировыми производителями в области химического машиностроения [5].

Новое оборудование позволило снизить энергоёмкость производства, повысить производительность, значительно улучшить экономические показатели завода, а также создать возможность гибкого реагирования на изменения конъюнктуры рынка кордных тканей, поскольку новое оборудование каблирования и ткачества позволяет осуществлять выпуск капроновых, анидных и полиэфирных кордных тканей широкого ассортимента, имеющих спрос на рынке.

В соответствии с основным направлением деятельности ЗАО «Газпром Химволокно» осуществляет диверсификацию производства. С 2014 года в компании производятся современные технические ткани из полиэфирных и полиамидных (ПА6.6) нитей для использования в производстве резинотехнических изделий. Выпуск технических тканей производится на оборудовании мировых лидеров в области машиностроения. Так же в 2014 году в эксплуатацию запущено производство геосеток широкого ассортимента из полиэфирных нитей по основовязальной технологии для использования в строительстве ав-

то- и железных дорог, стабилизации грунта при строительстве нефтегазовых и других технических сооружений [5].

Используемые на данном предприятии технологии позволят уменьшить продолжительность цикла производства и увеличить выход готовой продукции, качество конечного продукта станет «эталонным» для мировых производителей. Автоматизация новейшего технологического оборудования позволит сократить штат сотрудников и привлечь на работу только самых высококвалифицированных специалистов, что приведет к сокращению фонда оплаты труда. Все это свидетельствует о том, что в условиях кризиса необходимо вовлекать все резервы и принимать меры для эффективного использования оборотного капитала, ускорения его оборота.

Пример ЗАО «Газпром показывает возможности успешного функционирования предприятия за счет мер, направленных на приобретение нового оборудования и использования новейших технологий производства. Это позволяет значительно усилить режим экономии используемых ресурсов на основе широкого применения ресурсосберегающих технологий, использования более дешевых заменителей, применения научно обоснованных норм расхода материалов, усиления стимулирования работников за экономию ресурсов.

Для эффективного использования оборотного капитала также имеет значение уменьшение сверхнормативных запасов материальных ресурсов, улучшение складского хозяйства, развитие транспорта, ускорение товарооборота и т. д. Только комплексный подход к выявлению и использованию резервов позволит повысить уровень эффективного использования оборотного капитала предприятий в условиях кризиса.

#### Список литературы

1. Данилин В.Н. Особенности воспроизводства оборотного капитала в условиях кризиса // Финансы и кредит.- 2014.- № 2.- С. 55-59.
2. Данилин В.Н. Управление оборотным капиталом предприятия в кризисных условиях // Проблемы современной экономики.- 2014.- № 3.- С. 14-25.
3. Мироседи С.А., Жаркова Е.И. Управление инвестиционной привлекательностью – объективная необходимость // Вопросы экономических наук. - 2014. - № 2. - С. 42-44
4. Постолук К.А. Управление оборотным капиталом в условиях кризиса // Материалы VIII международной научно-практической конференции, УО «Полесский государственный университет».- 2014.- С. 192-194.
5. Официальный сайт ЗАО «Газпром Химволокно» / Режим доступа: <http://gazpromhv.ru/> (дата обращения 14.03.2015).
- 6.

### **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ ФАКТОРОВ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ**

С. А. Мироседи, к.э.н., доцент, А. В. Овсянников, студент ВФ  
ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ, г. Волжский

Главным фактором успеха функционирования предприятия на рынке является конкурентоспособность его продукции, поскольку она «...определяет судьбу рыночной и всей хозяйственной политики предприятия-производителя» [1]. Сложившаяся в настоящее время экономическая ситуация в стране актуализирует роль этого фактора и определяет необходимость научного исследования факторов, влияющих на формирование конкурентных позиций продукции на рынке. Их анализ предполагает выяснение того, в какой мере факторы воздействуют на отношение покупателей к продукции предприятия и, как результат, на изменение доли этой продукции в продажах на конкретном товарном рынке.

Под фактором понимаются условия совершения экономических процессов и причины, влияющие на них. Часть факторов влияет одновременно на множество процессов и

явлений, другие - напротив, являются уникальными и характерными только для одного процесса или явления [4, с. 119]. Факторы способствуют как повышению конкурентоспособности, так и ее снижению. Получение конкурентного преимущества на основе факторов зависит от того, насколько эффективно они контролируются и используются, основываясь на выявленных резервах. Успешно осуществлять контроль над огромным количеством разнообразных факторов достаточно сложно. Это требует их систематизации, что определило цель настоящего исследования – проанализировать наиболее известные в экономической теории подходы к классификации факторов конкурентоспособности продукции. Классификация играет важную роль в процессе изучения факторов и зависит от целей исследования, от экономической ситуации, в которой проводится и характера решаемых задач.

Существенный вклад в исследование факторов конкурентоспособности внес американский экономист М. Портер, справедливо считавший, что конкурентное преимущество обеспечивается такими факторами производства как: людские, физические, денежные ресурсы, ресурсы знаний и инфраструктура. При этом отмечал, что отдельно взятые факторы не могут длительно обеспечивать конкурентное преимущество, только взаимосвязь факторов обеспечивает относительную стабильность. Классифицируя факторы конкурентоспособности товаров и услуг, он выделял такие признаки классификации как: сфера действия, происхождение, специализация, этапы обеспечения, социально-экономическая природа, характер воздействия.

Отечественные экономисты Р. Фатхутдинов, А. Селезнев, М. Ермолов, к ключевым факторам рыночного успеха относят факторы, представленные на рисунке 1.

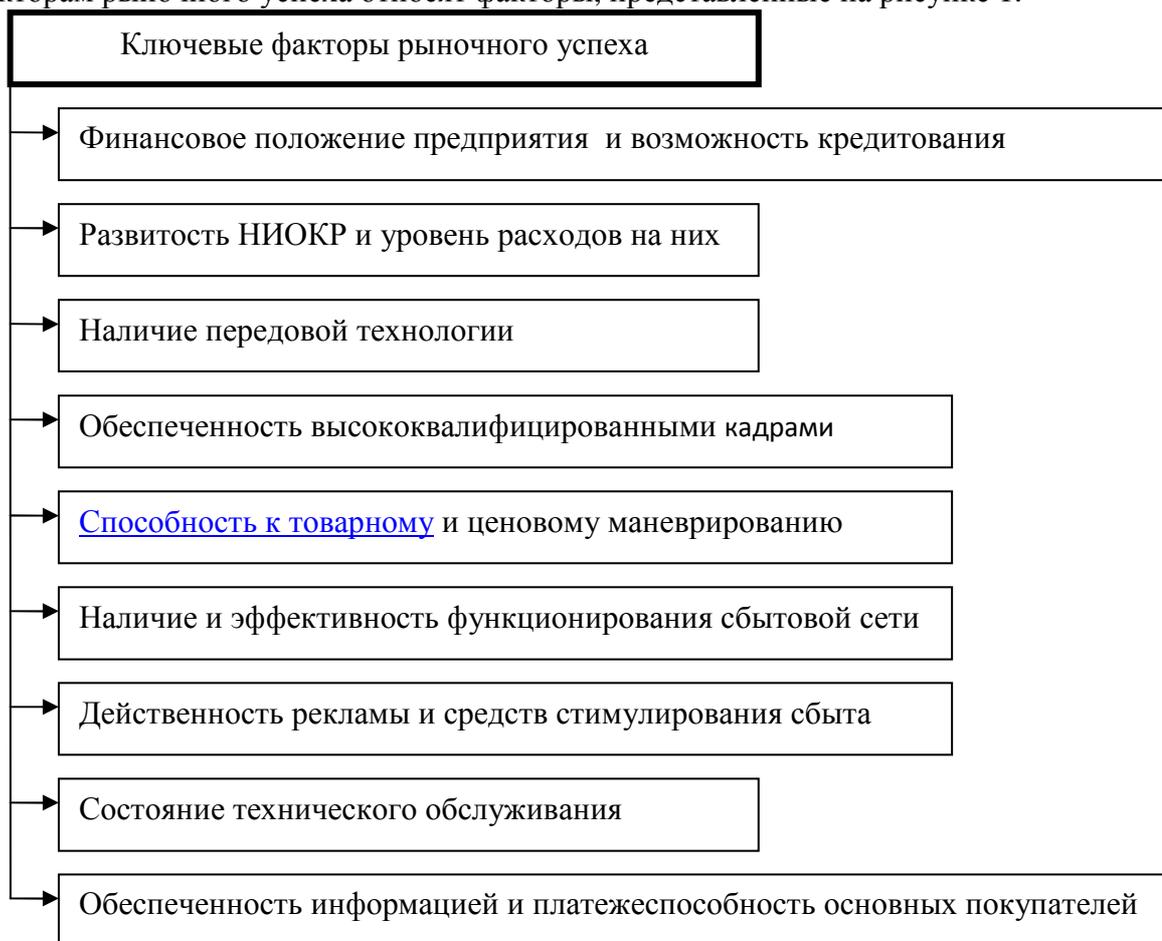


Рисунок 1 – Факторы рыночного успеха

В практической деятельности факторы традиционно разделяют на две группы: внешние (слабо контролируемые) и внутренние (поддающиеся контролю).

Так Фатхутдинов Р. А. к внешним факторам относит: уровень конкурентоспособности страны, отрасли, региона, предприятия; силу конкуренции на входе системы – среди

поставщиков сырья, материалов, комплектующих изделий и др. компонентов и на выходе – среди ее конкурентов; силу конкуренции среди товаров-заменителей; активность контактных аудиторий. Среди внутренних факторов выделяет: патентоспособность товара; рациональность организационных и производственных структур; конкурентоспособность персонала; прогрессивность технологических процессов и оборудования; прогрессивность информационных технологий; научный уровень системы управления; обоснованность миссии [5, с. 243].

Петров В. в числе базовых, формирующих конкурентоспособность, выделяет следующие факторы:

- ресурсный, определяющий затраты на единицу готовой продукции, который предприятие может успешно контролировать;
- ценовой, влияющий на готовую продукцию через уровень и динамику цен на используемые ресурсы, который предприятие может контролировать только в определенной доле, путем выбора оптимальных поставщиков;
- «фактор среды», как совокупность внешних факторов функционирования предприятия, которые оно должно контролировать как свершившиеся факты и адаптироваться к ним, но влиять на них не может [3].

Лифиц И. М. в своих исследованиях опирается на три основных подхода в выделении уровней конкурентоспособности: территориального, отраслевого и комплексного. Суть подходов заключается в разделении всех факторов по уровню их воздействия на макро-, мезо- и микрофакторы [2].

Каждая из рассмотренных классификаций заслуживает внимания и имеет свои положительные стороны. Но при всем их многообразии для конкретного вида продукции отдельно взятого предприятия требуется дополнительная систематизация факторов, обеспечивающих формирование стабильного уровня конкурентоспособности.

На наш взгляд наиболее отвечающей современным требованиям будет являться классификация, отражающая возможности управления факторами, влияющими на конкурентоспособность продукции. С этой точки зрения все факторы можно разделить на три группы:

- управляемые;
- слабоуправляемые;
- не управляемые.

Основываясь на таком подходе, предприятию необходимо выявить все факторы, оказывающие влияние на уровень конкурентных позиций продукции на рынке, и разделить их на соответствующие группы, исходя из обоснованного Портером принципа, что пристального внимания заслуживают только 20% факторов, оказывающих наибольшее влияние на конкурентоспособность.

В первую группу управляемых факторов включается не более 20% всей совокупности выявленных факторов, по которым необходимо осуществлять постоянный мониторинг, анализировать их, прогнозировать изменение их влияния и принимать упреждающие меры, направленные на решение задач по созданию конкурентоспособной продукции.

Вторая группа слабоуправляемых факторов, составляющая около 60% всей совокупности факторов, требует меньшего внимания и средств для контроля над ними, но оставлять эту группу факторов совсем без внимания нельзя, т.к. это может оказаться пагубным для предприятия.

Третья группа – оставшиеся 20% – это не управляемые факторы, которые не смогут быть изменены, поэтому тратить средства на осуществление контроля над ними не представляется целесообразным. Отслеживать эти факторы и своевременно адаптироваться к ним можно на основе общедоступной информации.

Такой подход к классификации позволит предприятию рационально расходовать средства на управление факторами, выявив специфику их влияния, и своевременно адаптироваться к конкретным условиям своего функционирования.

Данный подход к классификации поможет определить наиболее адекватные, с точки зрения управления, методики анализа и критерии оценки факторов, которые будут сигнализировать об изменении тех или иных конкурентных позиций продукции на рынке и способствовать своевременному принятию решений по воздействию на них.

Список литературы

7. Али А. Повышение конкурентоспособности продукции на предприятии // Молодой ученый.- 2012.- №8.- С. 69-75. / Режим доступа: <http://www.moluch.ru/archive/43/5216/> (дата обращения 05.04.2015)
8. Лифиц И. М. Конкурентоспособность товаров и услуг: учеб. пособие /- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высшее образование; Юрайт-Издат, 2009. - 460 с. / Режим доступа: <http://kaliningrad.ruc.su/upload/kaliningrad/entrant/textbook.pdf> (дата обращения 14.04.2015).
9. Миронов М. Ваша конкурентоспособность Litres, 2015 / Режим доступа: <https://books.google.ru/> (дата обращения 14.04.2015).
10. Факторы системы инфраструктурной поддержки малого и среднего предпринимательства Мироседи С. А., Мироседи Т. Г. // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования, 2013. - № 3 (10). - С. 119-121.
11. Фатхутдинов Р. А. Управление конкурентоспособностью организации. – М.: Высшая школа, 2007. - 624 с.

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА**

С. А. Мироседи, к.э.н., доцент, Д. Ю. Чегурихина, магистрант экономики  
ВПИ (филиал) ФГБОУ ВПО ВолгГТУ, г. Волжский

Россия на протяжении долгих лет является одним из лидеров мировой энергетики и крупнейшим участником международных энергетических рынков. В экономике России топливно-энергетический комплекс (ТЭК) и экспорт его продуктов занимают уникальное положение, и их динамика прямо влияет на устойчивость национальной экономики. Энергетика во многом определяет конкурентоспособность и скорость роста экономики любой страны, в том числе и российской, значительную долю которой составляют энергоёмкие отрасли.

Ежегодно российский энергетический рынок сталкивается с новыми проблемами, которые в 2014 году обострились в связи с западными санкциями и негативными кризисными явлениями. Это послужило основанием для анализа основных тенденций, сложившихся на данный период в развитии энергетического рынка и его отдельных сегментов.

Стержнем практически всех видов производственной деятельности является электроэнергетика, а общая и удельная энерговооруженность определяют производительность труда и уровень развития страны. Анализ электроэнергетического рынка позволил обозначить основные проблемы: постепенное падение спроса на электроэнергию, и при этом несбалансированность выведения старых мощностей и строительства новых ГЭС и АЭС, продолжающегося в рамках обязательных инвестиционных программ, утвержденных еще в период реформирования.

В соответствии с программой реформирования электроэнергетики РФ, в России создано ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы», как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью с целью ее сохранения и развития. В соответствии с решением Правительства РФ с 1 января 2010 года Федеральная сетевая компания перешла на новую систему формирования тарифов, устанавливаемых на 5-летний период, с использованием метода экономически обоснованной доходности инвестированного капитала (РАВ-регулирование). Основным принцип РАВ-регулирования заключается в том, что капитал, инвестированный в естествен-

ную монополию, должен приносить как минимум отдачу, достаточную для привлечения новых инвестиций и развития предприятия, а также соответствовать уровню риска инвестирования.

Процедура формирования тарифа при использовании RAB-регулируемого включает следующие этапы:

- выявление текущих издержек;
- определение уровня инвестиций;
- установление нормы доходности инвестиций.

По состоянию на 2014 год крупнейшая в России и в мире энергетическая компания ОАО «Россети», чьи тарифы регулируются методом RAB, позволяющим окупить все инвестиции, функционируя в условиях постоянного изменения в регулировании и недавней заморозки тарифов, недосчиталась более 600 млрд. руб. доходов.

Анализируя перспективы спроса на жидкие топлива (нефтяные, газовый конденсат, спирты (биотопливо), синтетические жидкие топлива), можно отметить, что их главным потребителем по-прежнему остается растущий транспортный сектор (до 80% от общего объема спроса на нефть к 2040 г.) с его большими возможностями – постоянным увеличением спроса на перевозки. Существенной проблемой в России остается недостаточно высокий уровень организации работы транспортного комплекса, как основы территориального разделения труда и связующего звена всех отраслей народного хозяйства. Несмотря на то, что Россия наряду с США и Китаем входит в тройку лидирующих государств по общим объемам перевозок, отечественный транспорт является одним из самых топливо- и сырьеемким в мире, а исходя из транспортной стратегии России до 2030 года, глобальных изменений в этой сфере пока не предвидится [3].

За последние 7 лет в России себестоимость добычи 1 т нефти увеличилась почти в 2 раза с \$25-28 до \$50-55. Стагнация европейского спроса на сырую нефть и ужесточающаяся конкурентная борьба за растущие рынки Азиатско-тихоокеанского региона снижают потенциальную экспортную нишу для российских производителей. Ситуация усугубляется высокими, по сравнению с большинством других стран-экспортеров, затратами и налогами, что делает российскую нефть не достаточно конкурентноспособной, приводит к снижению экспорта и негативно сказывается на бюджетных поступлениях, в условиях низких мировых цен [1].

Россия останется важнейшим участником газового рынка, сохраняя лидерство по добыче и по экспорту. В перспективе, наиболее влиятельными конкурентами России на газовом рынке, станут США и Китай. Так же возможно, что российский газ будет в небольших количествах вытесняться с рынка поставщиками, предлагающими газ по более низким ценам.

Нельзя не упомянуть о сланцевом прорыве – технологии добычи газа из залежей сланцевых пород, произошедшем в США в начале нынешнего века, который, по признанию правительственных аналитиков и академических ученых, может привести к падению экспорта нефти и газа из России на 20%. Если Америка станет экспортером, то цены упадут, а вместе с ними доходы российского бюджета. Основным потребителем сырой нефти станет Азиатско-тихоокеанский регион. Но, как предупреждают эксперты, сланцевые технологии может ждать, как прорыв, так и провал.

Атомная энергетика России сохраняет и продолжает развивать свой научно-технический и производственный потенциал, она подтверждает свой мировой уровень, экспортируя атомные энергетические технологии во многие страны мира: Китай, Индию, Вьетнам, Турцию, Финляндию, Венгрию, Бангладеш, Чехию, Словакию, Белоруссию.

Исходя из анализа ввода новых добывающих мощностей на угольном рынке, Россия будет являться одной из наиболее перспективных стран для наращивания производства при благоприятной конъюнктуре рынков.

Лидирующее положение теплоэнергетики является исторически сложившейся и экономически оправданной закономерностью развития российской энергетики. В настоящее

время общая установленная мощность теплофикационных энергоблоков составляет 152600 МВт. Стратегией развития теплоэнергетики России предусмотрено введение новых генерирующих мощностей 34,44 тыс. МВт в период с 2011 до 2017 года [2].

На сегодняшний день главным ориентиром развития энергетического рынка является энергетическая стратегия России до 2030 года, и рассматриваемая её пролонгация до 2035 года, в связи со сложившейся позицией России на мировом энергетическом рынке. Важно понимать, что заложенные в ней показатели – это ориентиры, которые необходимы России по следующим причинам [4].

Во-первых, энергетический рынок существенно значим для нашей страны. Невозможно переоценить влияние ТЭК на социально-экономические параметры, на бюджет, на экологию, на технологии. Центральной идеей стратегии ТЭК является переход от ресурсно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию, и поскольку ТЭК и экспорт его продуктов занимают уникальное положение, то их динамика прямо влияет на устойчивость развития национальной экономики.

Во-вторых, Россия в стоящее время является крупным игроком и конкурентом на мировом энергетическом рынке, и может изменить баланс в ту или иную сторону. Но считать, что Россия сможет полностью обеспечить за счет собственных поставок все потребности мира в энергоносителях – неверно. Это требует наличия стратегии, позволяющей правильно организовать конкурентную борьбу на мировом рынке. Россия может способствовать движению мирового энергетического рынка в том или ином направлении.

Энергетическую стратегию нельзя выстроить как однонаправленную линию. Стратегия – это определенные колебания. Из теории управления известно, что самая оптимальная траектория – не прямая линия, а некое лавирование между крайними максимумами, с грамотным и своевременным переключением с одного режима управления на другой: с либерального на государственный и обратно. Надо только следить за тем, чтобы амплитуда этих колебаний не была слишком большой.

Именно такая задача стоит сегодня: обозначить точки и моменты переключения. Государству надо доминировать в одних ситуациях и ослаблять свое влияние в других.

На мировом энергетическом рынке Россия, как крупнейший поставщик энергоносителей, также должна диверсифицировать товарную структуру с целью освоения новых форм энергетического бизнеса и расширения сфер своего присутствия за рубежом.

Необходимо помнить, что ТЭК – это один из главных рычагов, при помощи которого можно реанимировать и видоизменить экономику. Для этого важно использовать глобальный кризис как стартовую площадку диверсификации структуры российской экономики путем ее ускоренного инновационного развития, чему должны способствовать модернизация и новые энергетические технологии.

#### Список литературы

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года под руководством Макарова А.А., Григорьева Л.М., М. 2014.
2. Коржубаев А.Г. Влияние глобального финансово-экономического кризиса на нефтегазовый комплекс России // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 2. С. 272-281.
3. Матвеев И., Иванов А. Мировая энергетика на рубеже второго десятилетия нынешнего века // Energy Fresh. 2011. Сентябрь. С. 37 – 48.
4. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (ЭС- 2030), утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. 09

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Мироседи Т.Г., старший преподаватель ВПИ (филиал ВолгГТУ), Тумашик И.В., студент ВПИ (филиал ВолгГТУ), Гордеева Е.В., студент ВПИ (филиал ВолгГТУ), г. Волжский

Малое предпринимательство – один из ведущих секторов экономики России, оказывающий влияние на темпы экономического роста, занятости населения, производство валового национального продукта. Малое предпринимательство постепенно развивается, набирает опыт и завоевывает свое место в структуре российской экономики.

К качественным критериям малого предпринимательства принято относить следующие: относительно небольшое число производимых продуктов (технологий, услуг, ноу-хау); сравнительно ограниченные ресурсы и мощности (капитал, трудовые ресурсы); менее развитые системы управления; несистематичность менеджмента, главные рычаги управления должны удерживаться основателями предприятия.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью активизации развития малого инновационного предпринимательства как одного из условий скорейшего завершения рыночной трансформации отечественной экономики. Малое предпринимательство содействует развитию научно-технического прогресса, создавая более половины всех инноваций. В связи с этим, цель данной работы - рассмотреть роль малого инновационного предпринимательства, а также систему его поддержки.

Малые инновационные предприятия (МИП) - это предприятия, разрабатывающие и внедряющие в производство наукоемкие технологии и изделия. МИП выступают в качестве связующего звена между наукой и производством. Именно малые фирмы часто принимают на себя риск при разработке новых продуктов и технологий, превращении знаний в товар. Они характеризуются самостоятельностью, относительной независимостью, призваны решать вопросы по структурной перестройке производства и повышения эффективности показателей социально-экономического развития. Но важнейшей особенностью, характерной лишь для малых инновационных предприятий, являются конкретные пути достижения поставленных задач экономического и социального характера. Такими путями являются разработка и реализация различных инноваций (продуктовых, технологических, управленческих и др.), повышение конкурентоспособности продукции и производства, создание обстановки инновационности в масштабе города, отрасли, региона и страны в целом.

В нашей стране только 5 % от всех малых предприятий являются инновационными (таблица 1). Мы видим волнообразный рост МИП. Наблюдая статистику по малым инновационным предприятиям в России, их количество в динамике за несколько лет, можно сделать вывод, что в связи с принятием налогового законодательства РФ и Федерального закона от 2 августа 2009 г. N 217-ФЗ наиболее возросло количество МИП в 2011 году, как по РФ, так и по Южному федеральному округу, приблизительно на 1 – 1,3 %. Затем данный показатель стал стремительно уменьшаться, так как практически нет программы помощи малому бизнесу, каждое предприятие выживает, как может. В связи с этим мы наблюдаем уменьшение количества МИП в РФ на 0,3 %, а по ЮФО на 1,4 %, что практически возвращает их к 2009 году.

Таблица 1 – Удельный вес малых предприятий (в процентах), осуществляющих технологические инновации в 2007-2013 гг.

Удельный вес МИП в общем количестве малых предприятий, %	2007	2009	2011	2013
Российская Федерация	4,3	4,1	5,1	4,8
Южный федеральный округ	3,4	2,7	4,0	2,6

Проблемы низкого уровня развития малого бизнеса в России, в том числе и инновационного, с точки зрения самих предпринимателей в основном, следующие: высокая налоговая нагрузка и ограниченность финансовых средств для развития бизнеса. Однако, хочется отметить, сегодня банки становятся более заинтересованными в наращивании объемов кредитования предприятий малого бизнеса, т.к. доходность от вложений в проекты малого бизнеса, от операций кредитования малых инновационных предприятий превышает аналогичный показатель в секторе крупного бизнеса.

К сожалению, в настоящее время высокий потенциал МИП используется в России недостаточно результативно. В последние годы снижается не только число малых инновационных предприятий промышленности, уменьшается также их доля в производстве товаров и оказании услуг, сокращается рентабельность деятельности и предпринимательская активность.

Основная причина подобного положения заключается в отсутствии условий, благоприятно влияющих на рост МИП. Среда функционирования наукоемкого предпринимательства не создает предпосылок для занятия научными разработками, их промышленным освоением и коммерциализацией нововведений на рынке. К негативным факторам относятся высокие административные барьеры и проблемы с контрольно-надзорными органами, затрудненный доступ к финансовым ресурсам и высокое налоговое бремя, отсутствие нормативно-правой базы и реальной государственной помощи, наличие устаревшей системы организации производства и неразвитой информационно-консалтинговой инфраструктуры.

Во многих развитых странах малому инновационному предпринимательству уделяется огромное внимание. Например, в США мощным рычагом косвенной финансовой поддержки малого инновационного предпринимательства является предоставление государственных гарантий по обеспечению кредитов, выдаваемых в рамках государственных или региональных программ обеспечения доступа МСП к финансовым ресурсам. Такие программы существуют не только в США, но и в Японии, Германии и во многих других странах. [1]

Политика поддержки малого инновационного предпринимательства в Германии, где около 99% предприятий относятся к категории малых, базируется на несколько иных принципах: 1) государство не берет на себя инициативу реализации конкретных экономических проектов, так как это – задача самих предпринимателей; 2) государством поощряются творческий поиск, готовность рисковать и адаптироваться; 3) государство осуществляет защиту малых инновационных предприятий от монополистического давления; 4) государство оказывает преимущественно косвенную финансовую поддержку малого инновационного предпринимательства. [2]

В Японии эффективно действует система государственной и общественной поддержки и развития инновационных МСП, которая предусматривает: 1) оказание финансовой поддержки МСП для компенсации возможных рисков 2) оказание бесплатной государственной технологической поддержки МСП и т.д.

Основой национальной системы развития инновационной деятельности в Китае является: 1) разработка общей стратегии в отношении инновационных МСП; 2) создании административного органа по координации инновационной деятельности в секторе МСП; 3) предоставление налоговых преференций для модернизирующихся предприятий. [3]

Таким образом, опыт развитых стран в сфере активизации инновационной деятельности в секторе МСП свидетельствует о необходимости системного государственного подхода во всех процессах, касающихся ускоренной модернизации экономики России на основе стимулирования инновационной деятельности во всех отраслях народного хозяйства.

Основные направления поддержки развития малого инновационного предпринимательства заключаются в следующем:

- развитие системы кредитования малых предприятий (долгосрочное, целевое

кредитование, льготное кредитование и т.п);

- развитие системы государственных гарантий через региональные гарантийные фонды и Инвестиционный фонд РФ;
- создание и развитие инвестиционных институтов (венчурный капитал)
- развитие таких структур, как технопарки, инновационно-технологические центры, инновационно-промышленные комплексы, центры по передаче технологий и т.д.;
- совершенствование налоговой политики в области малого и среднего предпринимательства;
- совершенствование законодательных и нормативно-правовых документов, регулирующих и стимулирующих инновационную деятельность

Литература:

1. Мырленко Д.С. Факторы успешного развития малого предпринимательства в США // Альманах современной науки и образования. 2010. № 4. С. 185-187.
2. Тараруева А.А. Зарубежный опыт региональной поддержки малых предприятий // Вестник Российского государственного гуманитарного университета. 2011. № 10. С. 324-331.
3. Андрущенко О.Г., Чжан Ю. Зарубежный опыт государственного регулирования и поддержки предприятий малого инновационного бизнеса // Сборник научных статей по материалам научно-практической конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ). Новочеркасск, 2014. С. 45-51.

## **АУТСОРСИНГ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИМ ТРАНСПОРТОМ.**

С.В. Одноралов студент гр. ВА3-696

Научный руководитель ст. преподаватель М.В. Великанова  
Волжский политехнический институт (филиал) ВолГТУ

Сфера городских пассажирских перевозок (ГПП) имеет социально значимый характер, прежде всего связанный с обеспечением перевозок населения города, в том числе и выполнением социального заказа местных и региональных властей по перевозке льготных категорий граждан. ГПП формируются на основе регионального и местного законодательства, в соответствии с которым организуется процесс допуска предприятий к перевозке, осуществляются контроль и возмещение потерь от перевозки льготных категорий граждан. По существующему законодательству региональные власти отвечают за финансирование работы городского пассажирского транспорта, а муниципальные – за организацию маршрутов и их распределение между перевозчиками. В некоторых ситуациях муниципальные и региональные власти работают несогласованно, что приводит к неэффективной организации городских пассажирских перевозок. Современное состояние системы ГПП с учетом произошедших на рынке транспортных услуг (РТУ) преобразований характеризуется наличием реальных проблем, и в первую очередь, – это отсутствие единой системы управления ГПП, что приводит к неэффективной работе подвижного состава, повышенной загрузке транспортной сети города, что в целом неблагоприятно сказывается на качестве обслуживания пассажиров. Эффективность функционирования системы ГПП во многом будет зависеть от гармоничной работы региональных и муниципальных властей города, реализуемой единым центром управления. Под гармонизацией, таким образом, понимается процесс, который позволяет интегрировать возможности муниципальных и региональных властей для эффективного функционирования системы ГПП.

Гармонизация ГПП, обеспечивающая требования, предъявляемые пассажирами, возможна при наличии комплексного, постоянно действующего мониторинга рынка и адаптации системы управления ГПП к изменяющимся условиям.

Существующая система ГПП проявляет черты разобщенности между участниками и не имеет тенденций к гармоничному сочетанию механизмов управления. Обособленность перевозчиков и органов управления отрицательно сказывается на качестве обслуживания пассажиров. Таким образом, для преодоления создавшейся ситуации нужен поиск механизмов, обеспечивающих необходимый уровень гармонизации взаимодействия муниципальных и региональных властей при организации и управлении ГПП.

Для гармонизации взаимоотношений муниципальных и региональных властей в сфере управления ГПП наиболее перспективным является использование концепции логистического аутсорсинга.

Применительно к системе ГПП логистический аутсорсинг следует рассматривать как приобретение у третьей стороны услуг по управлению городскими пассажирскими перевозками в составе пассажиропотоков, а также и информационными потоками, потоками движения материальных, финансовых и трудовых ресурсов.

В данном случае в качестве аутсорсера будет выступать логистический центр управления ГПП (ЛЦ).

Для успешного внедрения стратегии логистического аутсорсинга необходимо, прежде всего, четко сформулировать задачи, которые будут решаться логистическим центром. На основании поставленных целей должны быть выработаны критерии оценки успешности функционирования логистического центра. Применение стратегии логистического аутсорсинга позволяет перевозчикам сконцентрировать финансовые потоки и управление на основных видах деятельности, не отвлекаясь на второстепенные функции. Прежде всего, это координация и регулирование работы всех видов общественного транспорта: муниципального и частного, городских и пригородных автобусов, троллейбусов, трамваев, маршрутных такси, а также постоянный мониторинг пассажиропотоков, унификация тарифов и билетов на проезд в разных видах транспорта.

Кроме того, ЛЦ должен разработать программу повышения эффективности проводимых конкурсов для муниципального и областного бюджетов, прозрачности финансовых потоков, качества обслуживания пассажиров и следить за её реализацией. Наконец, он должен осуществлять перспективное планирование развития транспорта и контроль за его работой. Контроль касается, прежде всего, типажа (количества, конфигурации, характеристик – числа стоящих и сидячих мест, экологических параметров) автобусов на каждом маршруте, графиков движения, дислокации остановок, тарифов.

Таким образом, ЛЦ является структурой, которая осуществляет сугубо технологические (с точки зрения организации перевозочного процесса), управленческие функции и функции контроля. Структурно ЛЦ состоит из следующих элементов: отдела маркетинговых исследований, центральной диспетчерской службы, юридического отдела, отдела организации перевозок, финансового отдела, службы персонала, бухгалтерии, контрольно-ревизионного отдела, отдела логистики и АСУ (рис. 1).

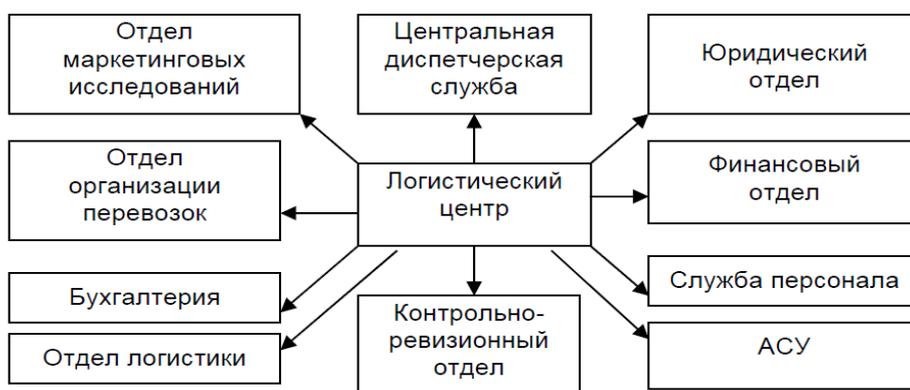


Рис. 1. Структура логистического центра

Непосредственно выполнение перевозок становится целью работы компаний перевозчиков. При функционировании системы перевозчики взаимодействуют с логистическим центром и передают ему несвойственные виды работ, выполнение которых происходит с участием специалистов центра. Логистический центр, оказывая услуги, отличные от основного профиля, должен координировать работу между перевозчиками посредством центральной диспетчерской службы.

Логистический центр должен обеспечивать:

- общесистемную интеграцию всех функционирующих и создаваемых систем;
- автоматический сбор, обработку и хранение информации, поступающей от аппаратно-кроссовых центров/периферийных устройств;
- формирование и передачу управляющих воздействий на аппаратно-кроссовые центры/периферийные устройства в автоматическом режиме;
- оперативное диспетчерское управление;
- оперативное представление информации о текущих режимах работы системы в состоянии технических периферийных устройств;
- автоматизированное ведение базы данных системы;
- оперативное представление информации о транспортной ситуации;
- возможность взаимодействия со смежными и заинтересованными ведомствами в соответствии с установленными регламентами.

УДК 338.436.33

### **ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Старовойтов М.К., д.э.н., профессор, академик РАН, заведующий кафедрой «Экономика и менеджмент» ВПИ (филиал ВолгГТУ)

Медведева Л.Н., д.э.н., профессор кафедры «Экономика и менеджмент» ВПИ (филиал ВолгГТУ)

Концепция долгосрочного социально-экономического развития России на период до 2020 года, принятая Правительством РФ в 2008 году (№1662-р), определяет пути и способы обеспечения в долгосрочной перспективе повышения благосостояния населения, национальной безопасности, динамичного развития экономики, укрепления позиций страны в мировом сообществе. Современное развитие глобальной экономики связывается с усилением конкуренции, соперничества за сырьевые, энергетические, водные и продовольственные ресурсы. Для России весьма актуальным является вопрос сбалансированного развития территорий, формирования новых центров роста, как в районах освоения сырьевых ресурсов, так и в традиционных регионах концентрации инновационного, промышленного и аграрного потенциала. Проблема сохранения единого пространства и нивелирования территориальных различий в России имеет исторические корни и связана отнюдь не с произошедшими социально-экономическими преобразованиями в 90-х годах прошлого столетия. Дело в том, что в зависимости от критерия принятого для описания региональных и муниципальных различий, а также показателей, при помощи которых осуществляется измерение данного явления, можно получить различные порой совершенно противоположные характеристики социально-экономического развития территорий. Стратегической задачей становится формирование теоретико-методологических основ гармоничного и конкурентоспособного развития территорий страны. Одним из направлений развития экономической науки является упрочение представлений о «пространственной экономике» (spatial economics).

Понятие «пространственное развитие» прочно вошло в законодательную базу Евросоюза («Основополагающие принципы устойчивого пространственного развития Европейского континента», 2000 г). Пространственное развитие позиционируется как более

широкое научное направление нежели «региональная наука» (regional science), сформировавшаяся в XX веке благодаря организационным усилиям ученого У. Айзарда. В нашей стране исследования в области пространственного развития находятся на стадии отсутствия единства в определении ключевых понятий, формировании фундаментальных принципов, целей, методов. Логика исследований в области пространственного развития направлена на углубление знаний о пространственных аспектах соответствующих наук; на интеграцию частных программ и фундаментальных исследований. К основным проблемам пространственного развития страны в контексте обеспечения национальных интересов и принципов устойчивого развития регионов можно отнести: сохранение и защиту территориальной целостности страны; обеспечение безопасности пограничного пространства и достойного уровня жизни населения; улучшение экологической ситуации; защита от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; развитие межбюджетных отношений. Как известно, неэффективная пространственная организация страны влечет за собой рост расходов на поддержание инфраструктур, избыточных на территориях, теряющих население и производственные активы. По оценке экспертов Института Брукинса ежегодные потери РФ от неэффективной пространственной организации оцениваются в 2-3,0 % ВВП. Решение задач в области стратегического и территориального планирования, обеспечения своевременного нормативно-правового регулирования социально-экономического развития субъектов федерации и муниципальных образований возложено на Министерство экономического развития РФ. В связи с принятием закона «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (№ 172-ФЗ от 28 июня 2014г.) в стране появилось основание для разработки принципиально нового документа стратегического планирования – Стратегии пространственного развития РФ. Данный документ призван преодолеть имевшуюся до сих пор разобщенность стратегического, территориального, экологического и отраслевого планирования, транспортного, энергетического и промышленного строительства, приводившую к неэффективной, во многом небезопасной в современных условиях пространственной организации страны, постоянному воспроизводству затратной структуры коммунального хозяйства, нерациональному размещению производительных сил.

Логика закона должна обеспечить интересы страны на международном уровне, определить потенциал и основные ограничения каждого региона. Федеральный закон «О стратегическом планировании в РФ» является инновацией в сфере управления, с его принятием появился новый формат решений, который раньше просто не существовал. Он позволит снизить затраты региональных бюджетов, так как многие принципиальные вопросы будут урегулированы на федеральном уровне. Пространственная организация России в прошедшие десятилетия формировалась хаотично, закрепила в первую очередь сырьевую специализацию страны и транзит населения в столичный регион и города миллионеры. Наиболее конкурентоспособной на мировом рынке частью страны оказались сырьевые зоны. Они продолжают «стягивать» на себя проектные мощности, поглощают свободные капиталы, квалифицированную и мобильную рабочую силу, становятся «спонсорами» общенациональных политических процессов, придавая им выгодную для себя направленность. Отсутствие зон высокоорганизованной урбанистической среды жизни становится препятствием для концентрации на территории РФ ресурсов будущего: высококвалифицированной мобильной рабочей силы, инновационных технологий, информационных источников. Формирующаяся пространственная организация страны должна: обеспечивать интеграцию в глобальный рынок; способствовать ускоренному социально-экономическому развитию регионов за счет правильного распределения производительных сил; обеспечивать связанность страны, открывающую доступ территорий и их населения к источникам экономического роста; гарантировать удержание территории страны как «большого пространства».

Большинство территориально-диверсифицированных стран, показывавших в последние 50 лет устойчиво высокие темпы экономического роста, достигали их, как прави-

ло, за счет опережающего роста нескольких регионов. Регионы-лидеры становились центрами инновационного развития страны и демонстрировали новый тип экономического и социального роста для других территорий. Задачей иных территорий становится не столько копирование пути развития вырвавшихся вперед регионов-лидеров, сколько встраивание в формирующуюся в геоэкономическом пространстве глобального мира новую региональную иерархию: регионы-производители, регионы – финансовые, регионы – центры АПК и др. Узлами опорного каркаса пространственного развития должны выступить крупные городские агломерации – инновационные и управленческие центры, концентрирующие в себе экономическую активность населения и выступающие источником будущих изменений. Скорее всего, дальнейшая интеграция России в международное пространство приведет к развитию: «глобальных городов», оказывающих существенное влияние на глобальную экономику (Москва, Санкт-Петербург); «зон технологического трансферта» обеспечивающих развитие процессов процессинга и аутсорсинга; «зон инновационного роста», основу которых должны составить наукограды и ЗАТО; «зон промышленного развития», имеющих развитую промышленную инфраструктуру; «зон аграрного роста» с опорой на крупные производственно-торговые холдинги, сельскую кооперацию, семейные фермерские хозяйства; «зон добычи природных ресурсов» на основе развития добычи и переработки природных ресурсов, эффективной эксплуатации экспортных трубопроводов и портового хозяйства; «зон приграничного сотрудничества» и «зон безопасности». Выделение на территории страны регионов «точек роста» может быть достигнуто за счет: формирования узлов инфраструктур (в первую очередь транспортных, логистических); увязки внутренних транспортных коммуникаций с международными транспортными коридорами; поддержания миграционной мобильности населения; развития инфраструктур городского хозяйства. Задача федеральных органов власти будет состоять в формировании и развитии опорного каркаса пространственной организации страны. Регионы, не отнесенные к данному пространственному каркасу, должны будут самостоятельно выработать, и реализовывать свою стратегию. Федеральные органы власти должны будут осуществлять селективную бюджетную поддержку региональных инициатив. Для этого необходимо создать различные бюджетные фонды, дифференцированные по целям бюджетных расходов и по типам территорий, на развитие которых они ориентированы. Для упорядочения политики регионального развития и управления пространственным развитием РФ необходимо нормативно закрепить схему пространственного развития страны, определив параметры развития системы транспортно-коммуникационных инфраструктур, осуществив функциональное зонирование территорий, определив места локализации крупных объектов социальных инфраструктур и основные параметры расселения населения. Регулирование регионального развития в настоящее время предстаёт как недостаточно исследованная в научном плане проблема. Между тем кардинальные перемены, происшедшие в последние годы, многоплановы и в высшей степени динамичны. Именно поэтому осмысление новых реалий, определение методов и подходов к обеспечению устойчивого пространственного развития сегодня особенно актуально.

#### **Список используемой литературы:**

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120.
2. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 года № 537.
3. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ, ст. 3.
4. Гранберг А.Г. О программе фундаментальных исследований пространственного развития России // Регион: экономика и социология. — 2009. — № 2. — С. 166 – 178.
5. Электронный образовательный ресурс «e-RegionalPolicy» по курсу «Региональная политика»: <http://course-info.narod.ru/menu.htm>

## **СОСТОЯНИЕ ОСАГО В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Филиппова Т.А., к.э.н., доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ВПИ

Обязательное страхование гражданской ответственности владельцев транспортных средств (ОСАГО) — это вид страхования ответственности, который в России появился с 1 июля 2003 года с вступлением в силу Федерального закона № 40-ФЗ от 25 апреля 2002 года «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств».

ОСАГО вводилось как социальная мера, направленная на создание определённых финансовых гарантий в отношении по поводу возмещения между участниками автомобильных аварий.

В настоящее время рынок ОСАГО находится в затруднительном положении: темпы выплат пострадавшим почти вдвое превышают темпы прироста взносов, причем даже лидеры страхового рынка демонстрируют сокращение взносов.

В конце января 2015 года пленум Верховного суда (ВС) России утвердил постановление, в котором подробно разъяснил новые правила ОСАГО и их применение в сложившейся экономической ситуации.

Так, с 1 апреля 2015 года втрое возрастет лимит компенсаций по ущербу здоровью. Будет расширен круг потенциальных получателей выплат в связи с гибелью застрахованного водителя. Вместе с тем упрощен порядок выплат ущерба пострадавшим в дорожно-транспортном происшествии (ДТП) пешеходам.

В случае ДТП страховщик обязан возместить не только нанесенный ущерб, но и потерю товарной стоимости автомобиля. Также, возмещение утраты товарной стоимости является необходимым при денежной выплате нанесенного ущерба, но и в случае, когда авто подвергается ремонту.

Кроме того в постановлении ВС подробно описаны условия, при которых гражданин может сесть за руль авто без полиса ОСАГО. Например, по законодательству, человек обязан приобрести полис ОСАГО в течение 10 дней с момента получения права собственности на машину. Однако до истечения этого срока водителя штрафовать нельзя, за то, что он ездит без ОСАГО, а управлять автомобилем тем временем он имеет полное право.

Причем если водитель управляет транспортным средством с просроченным полисом ОСАГО или он не вписан в страховку, то по закону ему грозит штраф.

Верховный суд также определил и степень ответственности страховой компании за автосервис, в который она направляет машину на ремонт. Согласно вступившим в силу поправкам, ответственность за оказание услуг несет именно сервис. При этом, если после ремонта обнаружались проблемы, согласно постановлению пленума Верховного суда, за их устранение несет ответственность именно страховщик.

Начальник отдела методологии страхования Российского союза автостраховщиков Михаил Порватов уверен, что постановление четко прописывает права и обязанности участников процесса: автовладельцев, страховщиков, судей и экспертов-техников. «Вводятся новые, более жесткие стандарты действий, как для страховщиков, так и страхователей. Причем разногласия будут сведены к минимуму, а рынок ОСАГО станет более прозрачным и цивилизованным», — продолжил Михаил Порватов [2].

По подсчетам страховщиков для сохранения рентабельности повышение тарифов должно составить более 56 %, и эта цифра не учитывает роста курса валют. «При учете изменения курса валют требуется двукратное увеличение тарифов по ОСАГО, поскольку действующие страховые тарифы по ОСАГО не соответствовали существующему уровню риска», — продолжил генеральный директор Международной актуарной компании, член Гильдии актуариев Евгений Яненко.

Однако, после принятия поправок к закону об ОСАГО образовались определенные пробелы в правовом поле, которые не устранены постановлением ВС. По мнению пред-

ставителя Российского автомобильного товарищества Андрея Игранова, сохраняются определенные двусмысленности и нестыковки, поэтому предстоит еще немало сделать. «Важно, чтобы эксперты-техники руководствовались лишь единой методикой, правилами и едиными ценовыми справочниками, — заметил Андрей Игранов. — Такой подход позволит существенно сократить поле для любых споров, а значит, сократит нагрузку и на суды».

Руководитель Ассоциации по защите прав автострахователей Максим Ханжин уверен, что некоторые разъяснения Верховного суда могут привести к ущемлению прав потерпевших в спорах со страховыми компаниями. Решение пленума ВС может лишить автовладельцев надежды на возмещение ущерба от ДТП. По его словам, одним из наиболее важных изменений, которое существенно ущемляет права потерпевших является применение «Единой методики определения размера расходов на восстановительный ремонт в отношении поврежденного транспортного средства» для определения размера выплаты страхового возмещения по ОСАГО.

Как отметил Максим Ханжин, основным спорным моментом в методике расчетов оказались справочники цен на запасные части, которые формировались, исходя из цен для оптовиков, и были далеки от цен на запчасти, которые предлагали автовладельцам розничные магазины.

«С учетом изменения курсов основных иностранных валют в 2015 году рублевые цены на запасные части для автомобилей выросли более чем 1,5 раза. При этом, справочники цен на запасные части, которые применяются при определении размера выплаты, остались без изменений», — отметил в заключении Максим Ханжин [2].

На сегодняшний день, система ОСАГО действительно переживает сложные времена. Однако владельцам авто, остается только надеяться, что последние изменения пойдут «автогражданке» на пользу и смириться с тем, что платить с весны 2015 года придется вдвое больше.

С 20 марта Банк России наконец определился с повышением тарифов по ОСАГО. Этому способствовало несколько следующих факторов:

- увеличение с 1 апреля 2015 года, лимит выплат за вред причиненный жизни и здоровью со 160 до 500 тысяч рублей;
- увеличение лимита выплат за причиненный ущерб транспортному средству со 120-160 до 400 тысяч рублей;
- рост цен на импортные запчасти и материалы для ремонта автомобиля;
- несбалансированность коэффициентов по территориям, что привело к закрытию региональных офисов и точек продаж страховых компаний.

С 01.04.2015 г. изменились правила, по которым будут начисляться страховые выплаты. Так, если ранее на страховую выплату могли рассчитывать лишь те пострадавшие (за исключением смертельных случаев), которым было невозможно оказать помощь в рамках обязательного медицинского страхования, то сейчас выплаты пострадавшим будут фиксированными в зависимости от тяжести травмы [1].

Формирование и рост базовых тарифных ставок для транспортных средств по ОСАГО в РФ начался еще в октябре 2014 года. Тогда средняя стоимость страхового полиса поднялась на 20-30 %. В апреле 2015 года этот процесс был продолжен.

Повышение базовой тарифной ставки, для разных категорий транспортных средств, будет отличаться. Так, например, для грузовых машин с разрешенной максимальной массой от 16 тонн, увеличение составит 32%, тогда как для остальных категорий 41%.

Но есть и хорошие новости, для трех категорий транспортных средств, нижняя граница будет снижена:

- легковые автомобили юридических лиц - на 22%;
- трактора - на 25%;
- мотоциклы и мопеды - на 42%.

С 1 апреля 2015 года произошло изменение территориальных коэффициентов стра-

ховых тарифов по ОСАГО [3]:

- в сторону увеличения - Камчатского края (на 18,2%), Адыгеи (на 18,2%), Мурманской области (на 20,0-23,5%), Мордовии (на 14,3-25,0%), Амурской области (на 10,0-17,6%), Воронежской области (на 7,1-14,3%), Ульяновской области (на 7,1-12,5%), Чувашии (на 6,2-10,0%), Курганской области (на 7,7-10,0%), Челябинской области (на 5,0-13,6%);

- в сторону снижения – в городах Ленинградской области (на 18,7%), Дагестана (на 14,3-30,0%), Забайкальского края (на 14,3-40,0%), Тывы (на 40,0%), Ингушетии (на 14,3-33,3%), Чеченской республики (на 14,3%), Еврейской автономной области (на 14,3-40,0%), Магаданской области (на 41,7%), Республики Саха (Якутия) (на 25,0-40,0%), Чукотского автономного округа (на 14,3%), Байконура (на 40,0%).

Среднее подорожание полиса ОСАГО составит от 41 до 60%, при этом гарантируется, что повышение составит не более 100%.

Рассмотрим стоимость ОСАГО, на примере автомобиля мощностью от 101 до 120 лошадиных сил, под такой критерий попадают такие автомобили как: Lada Priora, Lada Granta, Ford Focus, Hyundai Solaris и т.д. При возрасте водителей более 22 лет и стаже вождения более трех лет, примерная стоимость полиса ОСАГО представлена в таблице [3].

Таблица - Стоимость полиса ОСАГО в крупных городах России

Название городов	Минимальный размер страхового взноса, руб.	Максимальный размер страхового взноса, руб.
Москва	8 237	9 883
Санкт-Петербург	7 413	8 895
Челябинск	8 649	10 377
Хабаровск	7 001	8 401
Волгоград	5 354	6 424

По словам самих страховщиков, данное нововведение не сильно будет сказываться на финансовом результате, так как обращение за выплатой не носит массовый характер.

Согласно данным компании Ромир, большинство водителей положительно относятся к увеличению лимитов по выплатам, при этом на увеличение цены, согласны лишь 50% опрошенных.

Список использованной литературы

1. Федеральный закон №40-ФЗ от 25.04.2002. «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств» с последними изменениями 2015 г. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://pravo-auto.com/zakon-ob-osago-novaya-redakciya/> (дата доступа 25.04.2015)

2. Официальный сайт Gudok.ru [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/transport/auto/?ID=1253904> (дата доступа 25.04.2015)

3. Официальный сайт INSDETAILS Страхование в деталях [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://insdetails.ru/tarifi-osago-aprel-2015/> (дата доступа 24.04.2015)

## ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО АУТСОРСИНГА НА ПРЕДПРИЯТИИ ГОРОДА ВОЛЖСКОГО

Чернов Д.Н, студ. гр. ВА3-696, Чернова Г.А., науч. рук.доц.

Одной из наиболее успешных современных бизнес-моделей, позволяющих добиться серьезных конкурентных преимуществ, является аутсорсинг.

**Аутсорсинг** - это передача неосновных функций предприятия и всех связанных с ним активов в управление профессиональному подрядчику.

**Принцип аутсорсинга** - оставляю себе то, что могу сделать лучше других, передаю внешнему исполнителю то, что он делает лучше других. Уделять слишком большое внимание непрофильным активам, добиваясь в этой области высокого качества, - занятие, отнимающее слишком много времени и сил управляющего звена предприятия и требующее довольно значительных финансовых вложений.

Аутсорсинг снижает необходимость инвестирования средств в развитие основных фондов, связанных с второстепенными и непрофильными функциями. Кроме того, он может улучшить определенные финансовые показатели компании, так как отпадает необходимость показывать отдачу от вложения капитала в отдельные виды деятельности.

Договор на оказание транспортных услуг (аутсорсинг) - представляет собой соглашение, в силу которого исполнитель обязуется обеспечить автомобильным транспортом структурные подразделения заказчика, а заказчик, в свою очередь, обязуется оплачивать оказание такого рода услуг.

Передача транспорта на аутсорсинг, когда данное направление не является профильным, высвобождает собственные ресурсы для решения основных задач.

Передача транспорта на аутсорсинг может стать наиболее целесообразным подходом для компаний, которые заинтересованы в повышении своей инвестиционной привлекательности, которые хотят снизить затраты и при этом высвободить внутренние ресурсы для решения основных производственных задач.

**Аутсорсинг транспорта является низкоприбыльным бизнесом.** Для поставщика данной услуги он выгоден только в случае заключения долгосрочного контракта. При этом для заказчика передача под внешнее управление такого непрофильного актива, как транспортное подразделение может стать единственной возможностью повысить его эффективность. Промышленные предприятия внедряют современные системы управления, как правило, на основном производстве, в то же время редко применяют такие системы для управления непрофильными активами, к числу которых относятся и транспортные подразделения. Вот почему руководители предприятия не имеют полной картины: какова реальная рыночная стоимость транспортных услуг с одной стороны, и какой объем затрат в действительности необходим для содержания и развития собственного транспортного ресурса — с другой. В результате предприятия зачастую расходуют немалые средства на транспорт, хотя уже сегодня на этом можно было бы заметно сэкономить. В свою очередь аутсорсер заинтересован в формировании привлекательных цен для своих заказчиков, поскольку для аутсорсинговой компании это профильный бизнес, который обеспечивает ему основной доход.

Практика аутсорсинга способствует:

- постановке новых принципов управления;
- рациональному распределению ресурсов предприятия;
- концентрации тех видов бизнеса, в которых у предприятия есть определенные преимущества;
- повышению эффективности распределительных механизмов;
- повышению качественных показателей выделенных бизнес-процессов;
- повышению скорости адаптации к изменениям рыночной среды.

**Преимущества транспортного аутсорсинга:**

**- снижение затрат на 10-30%:**

- избавление от старых транспортных средств (продажа или передача в аренду);
- отпадает необходимость в покупке дорогостоящего транспорта;
- передача в аренду или использование под профильную деятельность недвижимого имущества (ремонтные зоны, парковочные места, складские помещения);
- бюджетное планирование;
- снижение расходов на персонал и налогов на зарплату;
- снижение нагрузки на бухгалтерию;
- предоставление отсрочки платежа;

**- повышение качества обслуживания:**

выполнение услуг осуществляется квалифицированными сотрудниками, с опытом работы водители –от 3х лет, ИТР –от 7 лет, управленцы – от 15ти лет;

количество полученных заявок = количеству выполненных;

сохранение или нанесение рекламы для узнаваемости брэнда на транспорт и форму одежды водителей;

- утверждение и соблюдение поставщиком транспортных услуг предъявляемых требований(операционные, административные, специальные, сезонные, и т.д.);

- соблюдение и непрерывное повышение техники безопасности;

- своевременность доставки;

- лояльность к внутренним и внешним клиентам;

- соблюдение конфиденциальности;

**- концентрация услуг на профильной деятельности:**

передача управления автопарком профильной организации; заключение долгосрочного контракта(3-5лет); повышение производительности труда на одного сотрудника; упрощение документооборота; мониторинг транспортных услуг, предоставление необходимой информации и отчётов; техническое обслуживание основных средств переданных в аренду согласно действующих регламентов и норм; страхование ответственности перевозчика, основных средств и т.д.;

**- квалифицированная работа с персоналом:**

перевод водителей и инженерно технических работников с сохранением рабочих мест и заработной платы; утверждение водительского состава перевозчика;

строгое соблюдение водителями режима труда и отдыха; наем персонала с соблюдением требований законодательства и социальных норм.

Например, на предприятии до прихода в проект аутсорсера использовалось 42 единицы различной автотранспортной техники. Теперь же их число сократилось до 17 единиц, при этом предприятие работает ритмично и без срывов. И если прежде численность персонала транспортного подразделения составляла 48 человек, то сейчас —10. Затраты предприятия на транспортное обслуживание снизились на 38 %. Как правило, объем работ для аутсорсера определяется в зависимости от потребностей заказчика. Взаимодействие основано на планировании объемов — на год, месяц, неделю, следующий день. На основании проработанных регламентов необходимое количество подвижного состава сокращается или увеличивается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аутсорсинг [www.oaoata.ru/autsorsing](http://www.oaoata.ru/autsorsing)

2. Интернет [www.stonelaase.ru/s/troutsorsing/](http://www.stonelaase.ru/s/troutsorsing/)

3. Машинина Н.Г. Совершенствование управления системой транспортного обслуживания региона. Дисс. к э. н. 2009.

Научное издание

*XI межрегиональная научно-практическая конференция*

*«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВУЗОВ  
– НАУКА, КАДРЫ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»*

**Сборник тезисов докладов**

Ответственный за выпуск С.И. Благинин

Темплан 2015 г., поз. № 21В

Подписано на «Выпуск в свет» 14.06.2015. Уч-изд. л. 16,0  
На магнитоносителе.

Волгоградский государственный технический университет.  
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.