

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

ФАКУЛЬТЕТ «ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИКА»
КАФЕДРА «Информационные технологии в управлении»

На правах рукописи

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Куралова Муродбека

на тему: «Система автоматической поддержки технологических режимов функционирования процесса приготовления напитков»
по направлению 5521800 - «Автоматизация и управление»
для получения степени бакалавра

Зав.кафедрой

к.т.н., доц. Зарипов О.О.

Руководитель

к.т.н., доц. Улжаев Э.

Ташкент – 2013 г.

| | |
|---|----|
| Введение | |
| Глава 1 Технологический процесс приготовления напитков как объект автоматизации..... | 3 |
| 1.1 Технологический процесс производства и схемы выделения этиловый спирта..... | 3 |
| 1.2 Описание технологического процесса подготовки сусла..... | 15 |
| Глава 2 Исследования динамики САР процессом получение этилового спирта | 19 |
| 2.1 Разработка функциональной схемы..... | 19 |
| 2.2 Описание и обоснование выбора функциональной схемы автоматизации | 34 |
| 2.3 Моделирование САР в среде разработке TRACE MODE 6..... | 43 |
| 2.4 Спецификация КИПиА..... | 48 |
| Глава 3 Безопасность жизнедеятельности..... | 59 |
| Глава 4 Экономическая часть..... | 71 |
| 3.Заключение..... | 81 |
| 4.Список литературы..... | 82 |

Введение

Автоматизация производства является одной из основных составляющих ускорения научно-технического прогресса пищевой промышленности. Основой АСУ ТП пищевой технологии теперь являются функциональные возможности микропроцессорных систем управления, при создании которых ведущую роль занимают такие факторы, как использование принципов интеграции, распределенного управления, программных комплексов. При автоматизации производств пищевой промышленности объектом автоматизации является не отдельный технологический процесс или агрегат, а технологический комплекс (ТК) со сложными взаимосвязями между его подсистемами. Современные системы автоматизации пищевой промышленности на базе микропроцессорных средств обладают широкими функциональными возможностями, усовершенствованными техническими характеристиками, которые обеспечивают повышение надежности (живучести) автоматизированных систем управления пищевой промышленности, их быстродействие, оперативность управления, комфортность работы оператора.

Расширение функциональных возможностей современных микропроцессорных систем автоматизации пищевой промышленности связано с появлением значительного количества различных видов (систем) отображения технологической информации; использованием динамических мнемосхем; получением графиков изменения технологических параметров за любой промежуток времени; формированием предыстории развития процесса; архивированием с помощью таблиц, отчетных документов. Все это дает возможность повысить оперативность управления, максимально учитывая состояние производственной ситуации, что обуславливает рост показателей эффективности функционирования ТК. При создании систем автоматизации пищевой промышленности используют многоконтурные системы, в которых реализуются принципы компенсации возмущений, адаптации, совершенные структуры типа каскадных систем, систем автоматизации с дополнительными сигналами, а также других автоматизированных и автоматических систем управления.

Достоинствами автоматизации отрасли производства напитков является высокий уровень, стабильное качество получаемого продукта. Соответственно, автоматизация особенно востребована теми отраслями, где необходима высокая точность соблюдения технологического регламента. В отрасли пивоварения, а также в винодельческом производстве таким направлением является, например, поддержание температуры брожения, ректификация, подготовка суслу. Производство ликероводочных продуктов, благодаря автоматизированным системам, полностью избавляется

проблемы стабильного, точного получения водно-спиртовой смеси необходимой крепости (то же самое относится к производству слабоалкогольных напитков, в рецептуру которых входит спирт). Довольно широко автоматизированные системы управления также применяются в технологических процессах дозирования в потоке точно заданного рецептом количества ингредиентов.

Любой технологический процесс характеризуется целым набором технологических параметров, по которым и можно судить о состоянии технологического процесса.

К таким параметрам относятся: расход, температура, давление, концентрация, вязкость.

Алкогольные и безалкогольные напитки отнесены к группе вкусовых товаров. Они имеют как вкусовую так и пищевую ценность благодаря содержанию минеральных соединений, органических кислот и легко усвояемых углеводов.

Напитки по способу приготовления и составу делят на:

1. Алкогольные (водка, спирт, ром, коньяк, ликеры, вина);
2. Слабоалкогольные (пиво, брага, квас);
3. Минеральные воды и безалкогольные напитки.

В настоящее время развитие спиртовой промышленности должно быть обусловлено рыночными условиями заготовки сырья и сбыта получаемого спирта. Эти условия ориентируют спиртовые заводы на приближение к местам производства зерна и картофеля, т.е. к фермерским и кооперативным сельским хозяйствам. В первую очередь обеспечить спиртовые заводы сырьем, выращенным в регионе, необходимо решить вопросы использования барды в животноводческих хозяйствах и обработки стоков .

Производство спирта – развитая отрасль промышленности, продолжающая развиваться. В современных рыночных условиях конкурентоспособность продукции приобретает первостепенное значение. Требования потребителей к качеству этилового спирта зачастую превышают нормативы, устанавливаемые государственными стандартами.

Наиболее важные задачи спиртового производства на сегодняшний день – повышение его рентабельности и получение высококачественного спирта с хорошими физико-химическими показателями и органолептическими свойствами.

Глава 1 Технологический процесс приготовления напитков как объект автоматизации.

1.1 Технологический процесс производства и схемы выделения этилового спирта.

Производство спирта из сельскохозяйственного сырья важно для предприятий сельского хозяйства в плане улучшения комплексности переработки сырья в конечный продукт, а также в корма. Следует упомянуть при этом и рациональность использования трудовых ресурсов, так как в зимний период наблюдается пик переработки, а в летний – пик производства сельскохозяйственной продукции.

Рассмотрим основные технологические процессы приготовления напитков.

Спирт этиловый (этанол, винный спирт), выработанный из пищевых видов сырья (зерно, картофель, сахар, свеклосахарная и тростниковая меласса, сахарная свекла), — прозрачная бесцветная жидкость без привкуса и запаха посторонних веществ. Температура кипения безводного спирта этилового 78,35 °С при давлении 0,1 МПа, температура вспышки 13 °С. Спирт гигроскопичен, летуч, смешивается с водой в любых соотношениях и является хорошим растворителем.

В зависимости от степени очистки различают спирт ректификационный четырех сортов: 1 сорта (96,0 об. %), высшей очистки (96,2 об. %), «Экстра» (96,5 об. %) и «Люкс» (96,3 об. %).

В спирте этиловом ректификационном кроме воды содержатся в макроколичествах различные примеси (альдегиды, эфиры, высшие спирты и другие химические соединения), которые формируют у спирта свойственные ему вкус и аромат в зависимости от вида перерабатываемого сырья.

Зерно и картофель относят к крахмалосодержащему сырью, мелассу и свеклу — к сахаросодержащему. Зерно поступает на заводы с содержанием влаги 12... 15 % и более. В зависимости от культуры оно содержит 45...55 % крахмала и 9...16 % белка. Картофель — сочное сырье, которое содержит 9... 18 % крахмала и до 2 % белка.

Меласса — густая сиропобразная непрозрачная жидкость коричневого и темно-бурого цвета, сладкая на вкус с горьким привкусом. В ней содержится не менее 75 масс. % сухих веществ и не менее 43 % сахарозы. Сумма сбраживаемых веществ составляет не менее 44 масс. %.

Особенности производства и потребления готовой продукции. Спирт этиловый пищевой получают микробиологическим способом, в основе которого лежит сбраживание сахара в спирт дрожжами семейства сахаромицетов. Спирт из пищевого сырья получают непрерывным и

периодическим способами. При этом 45...55 % вырабатывают из зерна, 10...15 % — из картофеля, 2...3 % — из свеклы и 38...45 % — из мелассы.

Спирт этиловый ректификационный получают на брагоректификационных и ректификационных установках из бражек крахмалосодержащего и сахаросодержащего сырья и из спирта-сырца, полученного из тех же видов сырья.

Брагоректификационные установки бывают косвенного действия (включают бражную, эспурационную и ректификационную колонны), косвенно-прямоточного действия (включают брагоэспурационную, эспурационную и ректификационную колонны) и работающие под вакуумом. При выработке спирта ректификационного из спирта-сырца применяют ректификационные установки, состоящие из эспурационной и ректификационной колонн.

Для повышения выхода и качества ректификационного спирта, улучшения выделения сивушного масла брагоректификационные и ректификационные установки дооснащают дополнительными колоннами: окончательной очистки спирта, сивушной или экстрактивно - ректификационной, для выделения этилового спирта из головной фракции.

Пищевая промышленность — главный потребитель этилового спирта, который используется для изготовления ликероводочных изделий, виноградных и плодово-ягодных вин, уксусов и пищевых ароматизаторов. Спирт этиловый также используется в медицинской, фармацевтической, парфюмерной и других отраслях промышленности.

Стадии технологического процесса. Переработка зерна и картофеля на спирт осуществляется по однотипной технологии и состоит из следующих стадий:

- подготовка сырья к переработке;
- разваривание крахмалосодержащего сырья;
- осахаривание крахмалосодержащего сырья;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание осахаренной массы;
- перегонка бражки;
- ректификация спирта.

Стадия разваривания крахмалосодержащего сырья паром повышенного давления может быть заменена гидроферментативной обработкой замеса с помощью бактериальной осамилазы при температурах клейстеризации крахмала 60...90 °С.

Получение спирта из мелассы включает меньше технологических стадий:

- подготовка мелассы к сбраживанию;
- культивирование дрожжей;
- сбраживание мелассного сусла;
- извлечение спирта из бражки;

— очистка спирта.

Основное различие технологического процесса при переработке крахмало- и сахаросодержащего сырья состоит в подготовке сырья и приготовлении питательной среды (субстрата) для сбраживания дрожжами в спирт.

Технологический процесс на брагоректификационных установках дифференцирован по стадиям, которые осуществляются последовательно в отдельных колоннах:

— в бражной (перегонка бражки с получением бражного дистиллята и отводом барды в виде отхода производства);

— в эспюрационной (выделение из бражного дистиллята или спирта-сырца и концентрирование головных примесей и их отбор с фракцией головного этилового спирта — побочным продуктом производства);

— в ректификационной (концентрирование спирта и его пастеризация, а также выделение в процессе концентрирования спирта промежуточных примесей в виде сивушных фракций);

— в сивушной или экстрактивно-ректификационной (концентрирование сивушного масла и выделение его в виде товарного побочного продукта производства);

— в колонне окончательной очистки (дополнительная очистка ректификационного спирта с отводом на повторную ректификацию спиртовых фракций с примесями);

— в колонне для выделения спирта из головной фракции (выделение из головной фракции и концентрирование метанола, альдегидов и сложных эфиров).

Характеристика комплексов оборудования. Линия начинается с комплекса оборудования для мойки, очистки и измельчения крахмалосодержащего сырья, в состав которого входят картофелемойки, камнеловушки, водоотделители, барабанные камнеловушки, дробилки для измельчения картофеля и зерна, а также измельчители для тонкого измельчения зернового сырья.

В состав линии входят комплекс, состоящий из установок для тепловой обработки крахмалосодержащего сырья — смесителей предразварников, варочных аппаратов и паросепараторов, аппаратов гидродинамической обработки замеса, обеспечивающих различные схемы разваривания.

Следующим в линии является комплекс оборудования для охлаждения и осахаривания заторов, в состав которого входят аппараты с непрерывным осахариванием и вакуум-охлаждением, аппараты с двухступенчатым вакуум-охлаждением, а также аппараты с непрерывным охлаждением и осахариванием при атмосферном давлении.

Комплекс оборудования для брожения и культивирования дрожжей состоит из бродильных аппаратов и устройств для мойки, спиртоловушек и дрожжевых аппаратов.

В линии для производства спирта из мелассы комплекс оборудования состоит из рассиропников, аппаратов для размножения дрожжей и пеноловушек, а также устройств для отбора проб, измерения расходов мелассы и контроля плотности рассиропки.

Ведущий комплекс оборудования в линии предназначен для перегонки и ректификации спирта. В его составе имеются брагоректификационные и ректификационные установки, установки для получения безводного спирта, холодильники и кипятильники брагоперегонных аппаратов, вспомогательное оборудование ректификационных установок, а также оборудование для учета и хранения спирта.

На рис 1.1 и рис 1.2 представлена машинно-аппаратурная схема линии производства спирта из крахмалосодержащего сырья с использованием механико-ферментативной обработки.

Машинно-аппаратурная схема линии производства этилового ректификационного пищевого спирта

Устройство и принцип действия линии. Измельченное зерно после молотковой дробилки 3 поступает в смеситель 5 через лоток 2, где смешивается с теплой водой температурой 60...65 °С и α -амилазой ферментативного препарата, поступающего из расходного сборника 1. Соотношение зерна и воды, поступающих в смеситель, составляет 1 : 3, а температура замеса поддерживается на уровне 50...55 °С. Продолжительность пребывания замеса в смесителе 5 составляет 10... 12 мин. В смесителе 5 происходит начальная стадия разжижения крахмала и растворения сухих веществ, а также обеспечивается нормальная текучесть массы за счет действия α -амилазы.

При переработке картофеля измельченная на молотковой дробилке 4 картофельная кашка также подается в смеситель 5, где смешивается в нем с жидким ферментным препаратом.

Из смесителя 5 зерновой замес насосом 7 подается на контактную головку 6, где подогревается из распределителя 10 паром до 70...72 °С, и далее в аппараты 8 и 13 гидродинамической и ферментативной обработки I ступени, объем которых обеспечивает выдержку в нем замеса не менее 3,5...4,0 ч. После заполнения аппарата примерно на 1/3 подключается циркуляционный контур, включающий центробежные насосы 14 и 15, обеспечивающие перемешивание массы в аппарате при ее температуре 65...70 °С. Во время гидродинамической обработки сырья происходит дальнейшее разжижение, растворение крахмала и сухих веществ зерна за счет действия α -амилазы.

При переработке измельченный картофель, смешанный с α -амилазой, закачивается насосом 7 через контактную головку 6 в аппараты 8 и 13.

Рис 1.1

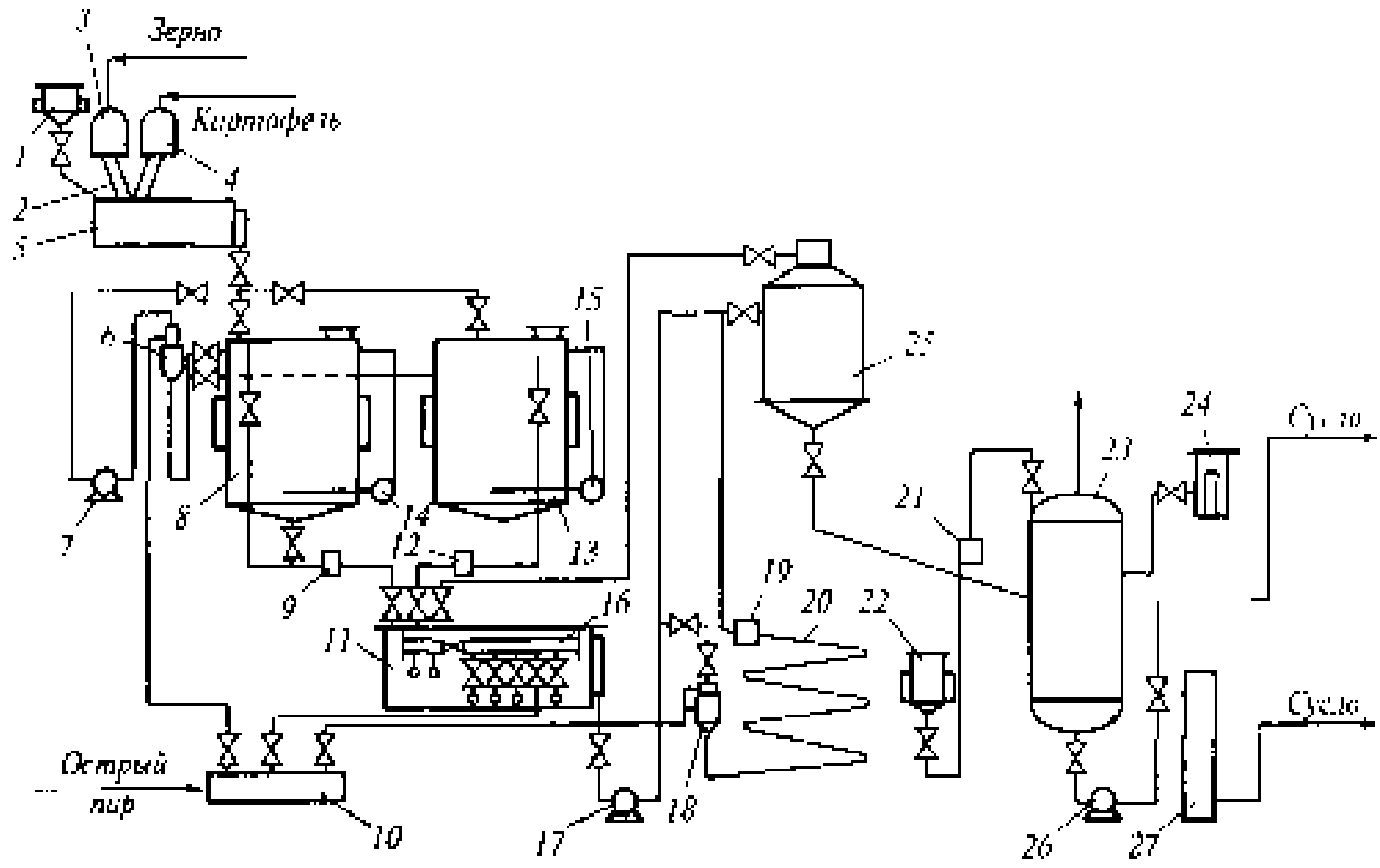
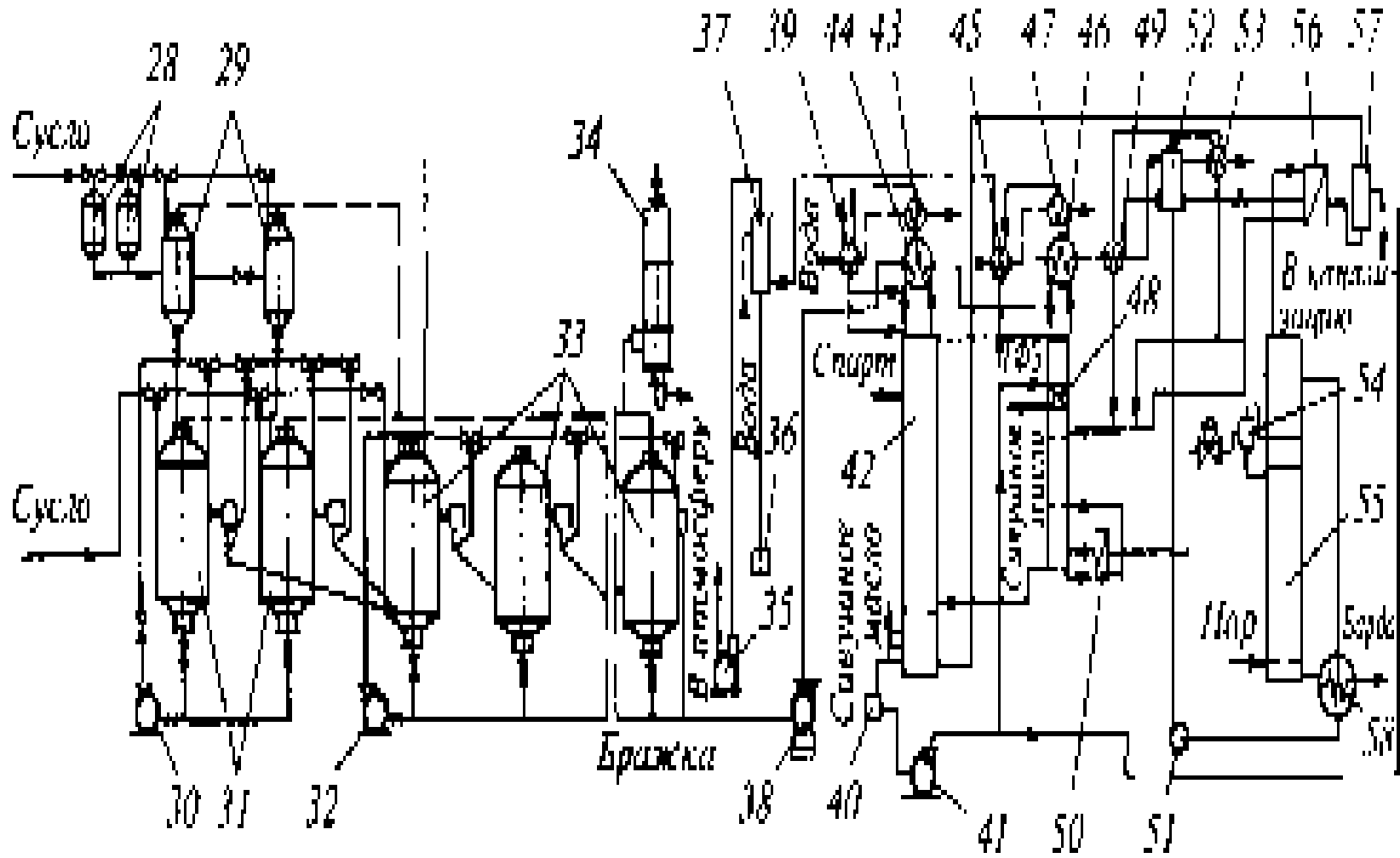


Рис 1.2



Ферментативно-тепловая обработка сырья осуществляется следующим образом. Замес или картофельная кашка из аппаратов I ступени 8 и 13 с помощью дозировочных устройств 9 и 12 отводится в горизонтальный, разделенный на три отсека аппарат 11 гидродинамической и ферментативной обработки II ступени, снабженный мешалками 16.

В первой секции аппарата 11 крахмалосодержащая масса выдерживается при перемешивании 15... 16 мин при 65...72 °С, после чего перетекает через переливное отверстие во второй отсек, нагревается в нем острым паром из распределителя 10 до 72...75 °С и выдерживается 15... 16 мин. В третьем отсеке температура массы путем подачи в нее пара поднимается до 85...95 °С.

Хорошо разжиженная и гидролизованная крахмалосодержащая масса из аппарата 11 насосом 17 закачивается через трубчатый стерилизатор 20 и регулирующий клапан 19 в паросепаратор 25, из которого отводится на осахаривание. Учитывая, что на заводах часто перерабатывается некачественное дефектное сырье, требующее более высокой температуры стерилизации, предусматривается контактная головка 18. В этом случае вторичный пар из паросепаратора 25 направляется в первый отсек аппарата 11.

В процессе осахаривания стерилизованная масса в испарителе - осахаривателе 23 смешивается с глюкоамилазой, поступающей из расходного сборника 22 через дозатор 21, и выдерживается при 55 °С в течение 30...35 мин. Основное количество формалина, подавляющее развитие кислотообразующих бактерий при сбраживании, подается из сборника 24.

Сусло из испарителя - осахаривателя 23 плунжерным насосом 26 закачивается в теплообменный аппарат 27 и после охлаждения до температуры складки 18...20 °С поступает в бродильные аппараты 31 и 33, где сбраживается непрерывно-поточным способом. При этом способе приготовленные в дрожжанках 28 дрожжи поступают во взбраживатель 29, откуда подаются в головной бродильный аппарат 31. Сбраживаемое сусло из головного бродильного аппарата 31 последовательно по переточным трубам поступает в бродильные аппараты 33. Из последнего бродильного аппарата зрелая бражка насосом 38 подается на перегонку в дефлегматор ректификационной колонны 43. Насосами 30 и 32 сусло удаляется из бродильных аппаратов на случай дезинфекции. Из выделившегося при брожении диоксида углерода спирт улавливается в спиртоловушке 34.

Выделение спирта из бражки и очистка спирта-сырца (ректификация) от примесей производится в брагоректификационном вакуумном аппарате, который состоит из трех колонн: брагоэпюрационной 55, эпюрационной 48 и ректификационной 42, теплообменной аппаратуры, сборных емкостей, насосного хозяйства и системы КИПиА.

В дефлегматоре 43 бражка нагревается теплом конденсации спиртовых паров ректификационной колонны 42 до 40...50 °С. Из теплообменника

бражка поступает в дефлегматор эюрационной колонны 46, догревается в нем водно-спиртовыми парами эюрационной колонны 48 до 50...55 °С и переходит в дополнительный подогреватель бражки 49, где ее температура за счет утилизации тепла не сконденсировавшихся в дефлегматоре-испарителе 56 водно-спиртовых паров брагоэюрационной колонны 55 доводится до 70...75 °С. Окончательный догрев бражки до 85...90 °С осуществляется в подогревателе бражки 50.

Нагретая бражка из теплообменника 49 поступает в сепаратор 52, освобождается от диоксида углерода в конденсаторе 53 и из него дополнительным насосом 51 подается на верхнюю тарелку брагоэюрационной колонны 55. Колонна 55 состоит из 34 тарелок, 18 из которых расположены в отгонной части колонны, 11 — в эюрирующей и 5 (пеноулавливающие) — над эюрирующей частью колонны. Эюрирующая и отгонная части брагоэюрационной колонны 55 разграничены между собой цилиндрической-обечайкой с патрубком для отбора эюрированных водно-спиртовых паров.

В эюрирующей части колонны 55 из бражки отгоняется часть спирта с сопутствующими спирту головными и промежуточными примесями, который в виде парового потока поступает в межтрубное пространство испарителя, испаряет лютерную воду, конденсируется и поступает в коллектор бражного дистиллята 56.

Эюрированная бражка переходит в отгонную часть брагоэюрационной колонны 55, где из нее полностью отгоняется спирт. Барда отводится в теплообменник 58, где отдает тепло бражке и охлаждается до 70...75°С. Колонна 55 работает при давлении 150... 170 кПа.

Эюрированные водно-спиртовые пары из брагоэюрационной колонны 55 через пеноловушку 54 поступают в кипятильник 50, обогревая при этом эюрацион-ную колонну. Конденсат эюрированных паров и кипятильника 50 направляется на 10-ю или 15-ю тарелку эюрационной колонны 48. Бражной дистиллят из коллектора 56 поступает на 20-ю и 25-ю тарелки эюрационной колонны 48.

Эюрационная колонна 48 содержит 39 многоколпачковых тарелок, из которых 20...25 работают в режиме выварки примесей, 6...11 — в режиме гидроселекции примесей и 8 — на концентрирование примесей. Работает колонна при давлении 50...65 кПа. Конденсат с дефлегматора 46 и избыток дистиллята из конденсатора 47 и спиртоловушки 45 возвращаются на верхнюю тарелку колонны для ее орошения флегмой. Лютерная вода в колонну 48 подается насосом 41 из сборника лютерной воды 40.

Эюрат из эюрационной колонны 48 поступает на 16-ю тарелку ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 состоит из 81 многоколпачковой тарелки, 16 из которых работают на отгонку спирта, 10... 15 — на пастеризацию спирта и 55 — на укрепление спирта. Колонна снабжена дефлегматором 43, конденсатором 44 и спиртоловушкой 39. Не

выделенные в эпурационной колонне 48 примеси конденсируются в нижней части ректификационной колонны 42 и отводятся с 7... 10-й тарелки из паровой фазы. Ректификационная колонна 42 орошается флегмой из дефлегматора и конденсаторов 44 и 39. Отбор ректификационного спирта производится с 72...75-й тарелок ректификационной колонны 42. Ректификационная колонна 42 работает при давлении 50... 70 кПа. Отбор головной фракции этилового спирта производится из дополнительного конденсатора 45 эпурационной колонны 48, откуда фракция отводится в сборник головных фракций.

Вакуум в колоннах 55, 46 и 42 создается вакуум-насосом 35. В вакуумную систему входит барометрический конденсатор 37, где в качестве абсорбера используется 10-тарельчатая царга с многоколпачковыми тарелками. Вода, поступающая на орошение в барометрический конденсатор 37, отводится в сборник барометрической воды 36.

В технологии разделения смесей, компоненты которых образуют друг с другом азеотропы различной размерности.

Широкая распространенность явлений азеотропии в природе (1) и промышленной практике и, в первую очередь, ограничения, накладываемые существованием азеотропов на возможности четкой ректификации (2), побудили исследователей заняться систематическим изучением этого вопроса.

Широкие экспериментальные исследования свидетельствуют о весьма разнообразном характере фазовых равновесий в различных многокомпонентных системах. При этом объем получаемых экспериментальных данных продолжает возрастать в связи с разработками новых технологических схем ректификации и исследованиями термодинамических свойств растворов.

Интерес представляют именно расчетные алгоритмы, а не теоретическое рассмотрение топологических аспектов ректификации, содержащее ряд ошибок и неточностей.

Таким образом, знание типа фазовой диаграммы, к которой принадлежит рассматриваемая смесь, позволяет предвидеть возможное многообразие продуктов ректификации. Отсюда следует, что информация о типе азеотропной смеси и ходе разделяющих многообразий в симплексе составов необходима и для исследования уже действующих ректификационных установок.

Так как тип фазовой диаграммы определяется, исходя из данных обо всех азеотропах системы, особое значение при моделировании процессов ректификации и, особенно, при моделировании азеотропной ректификации

приобретает точность используемых методов расчета парожидкостного равновесия и способов предсказания азеотропных параметров. В литературе имеется большой экспериментальный материал по температурам кипения и составам азеотропов. Однако, как уже отмечалось выше, физико-химическая природа азеотропии к настоящему времени недостаточно выяснена. Этим объясняется отсутствие общих теоретических методов предсказания азеотропных параметров. Существуют лишь эмпирические методы, применяемые для строго определенных видов растворов: расслаивающихся, регулярных и т. д., являющиеся лишь попытками теоретического предсказания азеотропии и имеющие весьма ограниченное практическое применение.

Надежной основой для структурного синтеза технологических схем ратификации (ТСР) и разработки технологических регламентов является термодинамико-топологический анализ структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар. Использование информации о структуре равновесных диаграмм при синтезе структур технологических схем основано на доказательстве топологической тождественности динамических систем открытого испарения и ректификации. Эффективность такого подхода многократно подтверждена при решении конкретных задач.

Основные этапы структурного синтеза ТСР азеотропных смесей изложены в монографии. Очевидно, наиболее трудоемким и сложным в случае 12 - компонентных смесей (при $n > 10$) является первый этап - определение структуры диаграммы равновесия.

Для выполнения этого этапа необходимо: 1) иметь информацию обо всех особых точках концентрационного симплекса разделяемой смеси (вершины, соответствующие чистым компонентам, и азеотропы различной размерности); 2) определить тип особых точек относительно полного концентрационного пространства; 3) определить положение разделяющих многообразий в концентрационном симплексе. Пути решения двух последних задач достаточно формализованы. Конкретные алгоритмы зависят от полноты исходной информации: располагаем ли мы только данным об особых точках или полной моделью фазового равновесия для разделяемой смеси.

В настоящей работе рассмотрена методика выполнения первого, наиболее трудоемкого этапа структурного синтеза ТСР - определение структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар на примере 25-компонентной смеси спиртового конденсата бражки, полученной гидролизом не пищевого сырья.

Спиртовый конденсат представляет собой сложную многокомпонентную смесь, содержащую 25 основных компонентов, принадлежащих к

разным классам органических соединений: спирты (метанол, этанол, пропанол, изопропанол, бутанол, изобутанол, амилол, изоамилол), альдегиды (формальдегид, ацетальгид, пропионовый альдегид, акролеин, фурфурол), сложные эфиры (метилформиат, этилформиат, пропилформиат, метилацетат, этиацетат, бутилацетат), кислоты (муравьиная, уксусная), кетоны (ацетон, метилэтилкетон), воду.

Для анализа структур равновесных диаграмм необходимо выявить наличие особых точек во всех бинарных, тройных, четверных и т. д. составляющих рассматриваемого симплекса.

С целью получения дополнительной информации о наличии особых точек в бинарных системах проведено исследование азеотропии на основе построения рядов бинарных азеотропов для представителей гомологических рядов альдегидов, спиртов, кислот, кетонов, сложных эфиров. Ряды бинарных азеотропов построены на основании данных для бинарных систем, образованных каким-либо компонентом смеси с членами гомологического ряда. При этом в качестве членов одного гомологического ряда могут рассматриваться, помимо, гомологов, также их изомеры, а иногда неко торые химически родственные вещества. В настоящей работе, например, это позволило объединить присутствующие в рассматриваемой смеси формиаты и ацетаты в один ряд сложных эфиров. Это подтверждают данные для ряда 19-ти сложных эфиров (табл. 1), для которого наблюдаются чёткие азеотропные области с другими компонентами.

Таблица 1

Азеотропия в бинарных рядах сложных эфиров с некоторыми компонентами смеси.

| Сложные эфиры | | Данные по азеотропии | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------|----------------------|---------|--------|-------------|------------|--------|----------------|------------------|
| Наименование компонента | Температура кипения °С | Вода | Метанол | Этанол | Изопропанол | изобутанол | Ацетон | Метилэтилкетон | Уксусная кислота |
| Метилформиат | 31,5 | - | - | - | - | .* | - | .* | .* |
| Этилформиат | 54,1 | + | + | + | - | .* | - | .* | .* |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|---|---|----|----|----|----|---|---|
| Метилацетат | 56,9 | + | + | + | - | -* | + | - | - |
| Изопропилформ иат | 68,8 | + | + | + | | - | - | - | |
| Этилацетат | 77,15 | + | + | + | + | - | - | + | - |
| Метилпропионат | 79,7 | + | + | + | + | - | | + | |
| Пропилформиат | 81,3 | + | + | + | + | - | -* | + | - |
| Изопропилацета т | 91,0 | + | + | + | + | - | | - | - |
| Метилизобутира т | 92,3 | | + | + | + | - | - | | - |
| Изобутилформи ат | 98,3 | + | + | + | + | + | | | - |
| Этилпропионат | 99,15 | + | - | + | | + | | | - |
| Пропилацетат | 101,15 | + | - | + | +* | + | - | | - |
| Метилбутират | 102,65 | | - | + | + | + | | | - |
| Бутилформиат | 107,0 | + | - | | - | + | | | |
| Этилизобутират | 110,1 | + | | | | + | | | - |
| Изобутилацетат | 118,0 | + | | | | + | | - | - |
| Этилбутират | 121,5 | | | | | - | | | - |
| Пропилпропион ат | 123,8 | + | | | | - | | | - |
| Бутилацетат | 126,0 | + | - | -* | | - | | - | - |

"+" - азеотропные системы; "-" - зеотропные системы; * - данные, полученные в настоящей работе.

Для установления наличия или отсутствия бинарного азеотропа в системах использована корреляционно - предсказывающая модель, с использованием модифицированного уравнения Вильсона основанная на групповой модели раствора и позволяющая на основе экспериментальных данных для бинарной системы, образованной каким-либо компонентом смеси с представителями гомологического ряда, предсказать фазовое поведение других представителей этого гомологического ряда с данным компонентом.

Модель позволяет для заданных значений X получить расчетные значения Y, T и P.

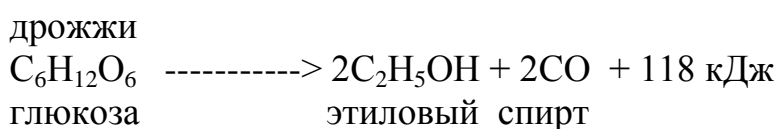
Табулированная информация X-T с целью более точного определения состава и температуры кипения аппроксимировалась сплайн-функцией (кубическим сплайном).

1.2 Описание технологического процесса подготовки сусла

Технология производства спирта из крахмалосодержащего сырья - зерна, принятая на Янгиюльском ОАО "Биокиме", основана на механико-ферментативной обработке сырья. Сущность его заключается в том, что измельченное сырье смешивается в водой и разжижающим ферментом (преимущественно α -амилаза) и нагревается до 60-100 С для клейстиризации, растворения, частичного ферментативного гидролиза крахмала.

В процессе механико-ферментативной обработки зерна происходят значительные структурные изменения сырья и химические превращения.

Образующийся в процессе ферментативного гидролиза сахар подвергается спиртовому брожению. Спиртовое брожение - это процесс анаэробного превращения углеводов в этиловый спирт и диоксид углерода под действием дрожжей. Спиртовое брожение суммарно выражается уравнением Гей-Люссака:



Это уравнение отражает начальные и конечные продукты брожения. В действительности спиртовое брожение протекает через ряд промежуточных стадий.

Технологический процесс получения спирта состоит из следующих стадий:

- прием, хранение и подготовка сырья;
- получение сусла;
- сбраживание сусла;
- подготовка засевных дрожжей;
- брагоректификация;

Технология подготовки сусла.

Зерно, полностью очищенное от металлических включений и измельчённое, поступает на приготовление замеса в смеситель-предразварник поз. СМ-20, представляющий собой горизонтальный цилиндрический аппарат, разделённый на две секции. В каждой секции

установлено перемешивающее устройство, смонтированное на общем валу. Диаметр аппарата 1000мм, длина 7800 мм. В смесителе-предразварнике происходит смешивание предварительно измельчённого зерна с горячей водой и ферментом - амилосубтилином ГХ, дозируемым из расходного сборника из расчёта расхода 2,5 ед. амилосубтилина на 1 г условного крахмала. Соотношение зерна и воды поступающих в смеситель-предразварник, составляет 1:3-3,5 и устанавливается в зависимости от крахмалистости зерна с учётом получения концентрации сусла в осахаривателе в пределах 16 - 18 % С. В. по сахариметру. Температура замеса в смесителе поддерживается на уровне 45 - 50 °С.

На приготовление замеса используется барометрическая вода, поступающая из сети завода. При необходимости подогрева замеса в смеситель - предразварник подаётся греющий "острый" пар.

Продолжительность пребывания замеса в смесителе составляет 10 - 12 минут.

В смесителе происходит начальная стадия разжижения крахмала. За счёт действия α -амилазы обеспечивается нормальная текучесть массы.

ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНОВОГО ЗАМЕСА.

| Показатели | Величина |
|--------------------------------|-----------|
| Массовая доля сухих веществ, % | 16-18 |
| Растворимые вещества, % | 12-17 |
| Активная кислотность, рН | 5.0 - 6.0 |
| Плотность, г/см ³ | 1.2 - 1.3 |
| Вязкость, Па*с | 0.5 - 0.7 |

Необходима бесперебойная дозировка α -амилазы, т. к. в случае прекращения её подачи возможны "проскоки" плохо разжиженной массы и нарушения нормальной работы аппарата гидродинамической обработки, превышение уровня массы в нём из-за затруднений перетока массы через гидрозатвор. Полученный замес из смесителя-предразварника насосами поз. Н-24 через контактную головку поз. ГК-25 передаётся в аппарат гидродинамической обработки поз. ГДО-26. Контактная головка представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат и предназначена для смешения замеса с водяным паром. Предусмотрен контроль температуры на выходе из контактной головки.

ГДО представляет собой цилиндрический аппарат высотой 9625 мм и внутренним диаметром 3000 мм. Внутри аппарата устанавливается механическое перемешивающее устройство с электрическим приводом и ременной передачей. Давление в аппарате - атмосферное. Внутренний объём 54 м³. Температура в аппарате ГДО регулируется изменением расхода пара, поступающего на контактную головку поз. ГК-25.

Интенсивное перемешивание массы в аппарате гидродинамической обработки происходит за счёт циркуляции её насосом поз. Н-27. Дополнительное перемешивание в аппарате создаётся мешалкой. Сочетание двойного перемешивания исключает образование застойных зон и обеспечивает наилучшие условия разжижения и гидролиза сырья с переходом в растворимое состояние до 80 - 85% веществ сырья, считая от содержания сухих веществ в сусле. Вместимость ГДО обеспечивает выдержку в нём замеса не менее 3-3,5 часов.

В случае выхода из строя мешалки насосом поз. Н-27 установленным рядом с ГДО создаётся дополнительный контур циркуляции с подачей циркуляционного потока в нижнюю часть аппарата. После заполнения аппарата примерно на 1/3 объёма подключается мешалка и основной циркуляционный контур. В случае отказа мешалки подключается дополнительный циркуляционный контур. В обоих случаях обеспечивается интенсивное перемешивание в аппарате. По заполнении аппарата устанавливается непрерывная подача и непрерывный отбор массы при сохранении постоянного объёма массы в аппарате. Температура массы при обработке зернового замеса должна поддерживаться в пределах 65 - 67 °С.

Во время гидроферментативной обработки сырья происходит дальнейшее разжижение, растворение крахмала и сухих веществ зерна за счёт действия бактериальной амилазы.

Величина рН составляет 5.0 - 6.0.

Из аппарата гидродинамической обработки масса самотёком через гидрозатвор подаётся в аппарат ферментативной обработки поз. АФО-28, представляющий собой вертикальный, 2-х камерный, цилиндрический аппарата, снабжённый мешальным механизмом на одном валу которого в каждой камере установлены якорные мешалки. Привод мешалки осуществляется от мотора-редуктора. Рабочий объём аппарата ферментативной обработки 12 м³, время выдержки - 30-35 минут. Высота аппарата - 2262 мм, внутренний диаметр 1600 мм, внутренний объём 14,08 м³, рабочий объём 11,5 м³, давление в аппарате - атмосферное.

Назначение аппарата ферментативной обработки - плавное повышение температуры от 70 до 90°С, что осуществляется за счёт подачи "острого"

пара, поступающего через регулирующие клапаны в две точки нижней камеры и в одну точку верхней камеры. В аппарате ферментативной обработки происходит более интенсивная клейстеризация крахмала сырья с одновременным разжижающим действием на крахмал бактериальной амилазы. В этих условиях клейстеризуются наиболее труднодоступные для воздействия воды и тепла крахмальные гранулы.

Из аппарата ферментативной обработки поз. АФО-28 масса с помощью насоса закачивается во 2-ую контактную головку поз. ГК-30, где с помощью насыщенного пара нагревается до 105 - 115 °С. После контактной головки масса идёт в трубчатый стерилизатор поз. СТ-31, где осуществляется её полный массо - теплообмен с паром, поступающим в контактную головку. Трубчатый выдерживатель (стерилизатор) представляет собой трубу диаметром 150 мм, согнутую в спираль наподобие теплообменника "труба в трубе". Рабочее давление в стерилизаторе - до 0,6 МПа (6,0 кгс/см²), температура рабочей среды - 115 °С. Объём трубки 1,5 м³, время выдержки массы - 8-10 минут. Из трубки масса через выдувной клапан поступает в выдерживатель поз. В-32, представляющий собой цилиндрическую ёмкость в верхней части которой установлен паросепаратор. Внутренний диаметр выдерживателя 2100 мм, высота 2450 мм, внутренний объём 11,5 м³. Рабочее давление - атмосферное, температура - 90 °С. В этом аппарате происходит отделение экстра-пара и частично снижение температуры массы на выходе до 58-60 °С. В этот аппарат с расходного сборника с помощью дозирочного насоса подаётся ферментный препарат - глюкаваморин, который необходим для осахаривания. Дозировка глюкаваморина ГХ устанавливается из расчёта на 72 часа брожения 10 ед. по ГпС на 1 г. перерабатываемого крахмала.

По схеме предусматривается подача амилосубтилина ГХ непосредственно в выдерживатель поз. В-32 на случай переработки остродефектного зерна или тугосбраживаемого сусла. Для этого устанавливаются сборники амилосубтилина ГХ.

Сусло из выдерживателя поз. В-32 закачивается в теплообменник типа труба в трубе поз. Т-35, где охлаждается заложённой водой из холодильной станции до температуры складки 18-25 °С и далее подается в бродильное отделение.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНОВОГО СУСЛА

| Показатели | Величина |
|--|----------|
| Концентрация сухих веществ, % по сахарометру | 16-18 |
| Видимая доброкачественность, % | 82-95 |

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Сбраживаемые углеводы, г/100 мл | 12-15 |
| Активная кислотность, рН | 5.1-5.9 |
| Плотность, г/см ³ | 1.07-1.1 |
| Вязкость, Па*с | 0.15 - 0.45 |

Алгоритм определения состава и температуры кипения азеотропа представлен на рис. 2.1.

Глава 2 Исследования динамики САР процессом получение этилового спирта

2.1 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМЫ

1. Вводятся параметры уравнений Риделя и зависимости мольного объема от температуры для бинарной системы, образованной компонентом смеси с представителем гомологического ряда, экспериментальные данные X-Y-T-P по парожидкостному равновесию в этой системе.

2. Рассчитываются параметры модифицированного уравнения Вильсона.

3. Рассчитываются параметры групповой модели.

4. Вводятся параметры уравнений $P=f(T)$ и $V=f(T)$ для следующего представителя гомологического ряда и значения, для которых необходимо определить значения Y_i , T_i и P_i

5. Рассчитываются значения Y_i , T_i и P_i для заданных значений X_i .

6. Полученная табличная информация X - T аппроксимируется кубическим сплайном.

Поскольку априорно известно, что связь температуры и концентрации X - T является гладкой, непрерывной функцией с небольшой кривизной, то лучше использовать кубическую сплайн-интерполяцию, одно из достоинств которой - равенство значений неизвестной функции и полученного сплайна в узловых точках:

(2.1)

$$S(x_i) = f(x_i)$$

И если точки (x_i, f_i) получены из точных экспериментов, то их можно считать не имеющими ошибок.

Рассмотрим построение кубического сплайна. Возьмем интервал $[x_i, x_{i-1}]$.
Пусть

$$(2.2) \quad \Delta x_i = x_i - x_{i-1}$$

$$(2.3) \quad q = \frac{x - x_i}{\Delta x_i}$$

$$(2.4) \quad \bar{q} = 1 - q$$

При изменении x от x_{i-1} до x_i q изменяется от нуля до единицы, а \bar{q} - от единицы до нуля. Тогда можно записать,

$$S(x) = q * f_i + \bar{q} * f_{i-1} + \Delta x_i^2 [(q^3 - q)\sigma_i + (\bar{q}^2 - \bar{q})\sigma_{i-1}] \quad (2.5)$$

Здесь σ_i, σ_{i-1} константы. Первые два члена - это элементы линейной интерполяции, а выражение в квадратных скобках - кубическая поправка, которая обеспечивает дополнительную гладкость. Таким образом $S(x)$ интерполирует все значения "у" независимо от σ_i . Продифференцировав $S(x)$ трижды, как сплошную функцию от x , получим:

$$(2.6) \quad q^1 = \frac{1}{\Delta x_i}; \quad q^{-1} = -\frac{1}{\Delta x_i};$$

$$(2.7) \quad S''(x) = 6\bar{q}\sigma_i + 6q\sigma_{i-1}$$

$$(2.8) \quad S'' = \frac{6(\sigma_i + \sigma_{i-1})}{\Delta x_i}$$

Следовательно,

$$(2.9) \quad \sigma_i = \frac{S''(x)}{6}$$

Алгоритм определение состава и температуры кипения азеотропа.

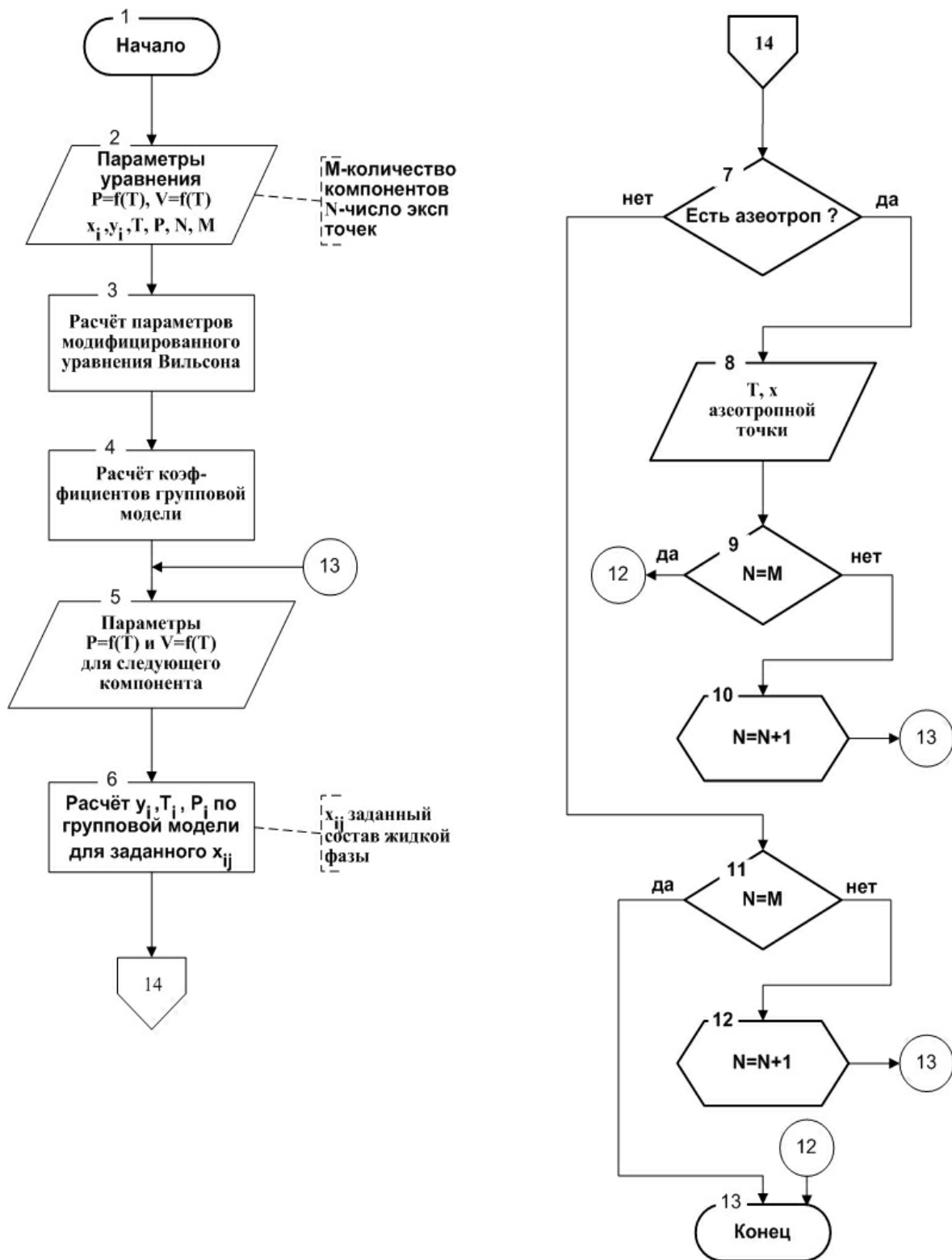


Рис. 2.1

При многократном использовании сплайна его удобно записать в виде:

$$S(x) = f_i + b_i(x - x_i) + C_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3 \quad (2.10)$$

где b_i - коэффициент линейной интерполяции

$$C_i = 3\sigma_i \quad (2.11)$$

$$b_i = \frac{\sigma_i - \sigma_{i-1}}{\Delta x_i} \quad (2.12)$$

Для оценки точности интерполирования воспользуемся методом, аналогичным оценке остаточного члена при разложении функции в ряд Тейлора :

$$R_n(x) = f(x) - S(x) \quad (2.13)$$

Поскольку (3.13) обращается в нуль во всех узловых точках, то можно записать

$$R_n(x) = f(x) - S(x) = (x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_n)K(x) \quad (2.14)$$

Выберем $K(x)$ так, чтобы для x_i из интервала $[x_0, x_n]$ вспомогательная $V(x)$ функция обращалась в нуль:

$$V(x) = f(x) - S(x) - K(x)(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_n) = 0 \quad (2.15)$$

откуда

$$K(x) = \frac{f(x) - S(x)}{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_n)} \quad (2.16)$$

Очевидно, что при таком выборе $K(x)$, функция $V(x)$ будет иметь значение, равное по крайней мере в $(n+1)$ точках. Выполнив дифференцирование функции $V(x)$ $(n+1)$ раз, получим:

$$V^{(n+1)}(x) = f^{(n+1)}(x) - (n+1)!K(x) \quad (2.17)$$

Следовательно

$$K(x) = \frac{f^{(n+1)}(x)}{(n+1)!} \quad (2.18)$$

и для остаточного члена можно записать

$$R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(x)}{(n+1)!} (x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_n) \quad (2.19)$$

для оценки возможно максимальной ошибки вместо $f^{(n+1)}(x)$ воспользуемся

$$M_{n+1} = \max f^{(n+1)}(x)$$

$$x_0 < x < x_n$$

тогда

$$|R(x)| = |f(x) - S(x)| \leq \frac{M_{n+1}}{(n+1)!} |(x-x_0) \dots (x-x_n)| \quad (2.21)$$

Таким образом, модуль $|R(x)|$ будет определять погрешность сплайн - интерполирования в точках, отличных от узловых. Программная реализация представляет собой модифицированный вариант и включает подпрограмму-функцию, вычисляющую значение сплайна после определения его (сплайна) основных коэффициентов b_i , c_i , d_i с помощью подпрограммы определения коэффициентов. Затем по предложенной методике определяется точность аппроксимации. Алгоритм метода представлен на рис. 2.2.

Необходимо отметить, что можно вполне обойтись и без дополнительной аппроксимации сплайн-функцией, однако использование уравнения Вильсона для получения значений T_i в промежуточных точках занимает очень много времени т.к. связано с оптимизационной задачей. Использование сплайн-функции позволяет быстро получить требуемый результат.

7. Методом сравнений T_i при соответствующих значениях X_i , с заданным малым шагом приращения ΔX_i определяется наличие азеотропа.

8, 9. При наличии азеотропа печатаются значение концентрации компонентов X_1 , $X_2 = 1 - X_1$ и T .

10,11. Если данный компонент не последний в списке представителей гомологического ряда, то расчеты продолжаются с пункта 4 вводом информации о следующем представителе гомологического ряда, если компонент последний, расчеты прекращаются.

В таблице 2 приведены данные по азеотропии, полученные в результате построения рядов бинарных азеотропов, образованных различными компонентами исследуемой смеси с представителями имеющихся в ней гомологических рядов.

Алгоритм аппроксимации сплайн - функцией зависимости X-T.

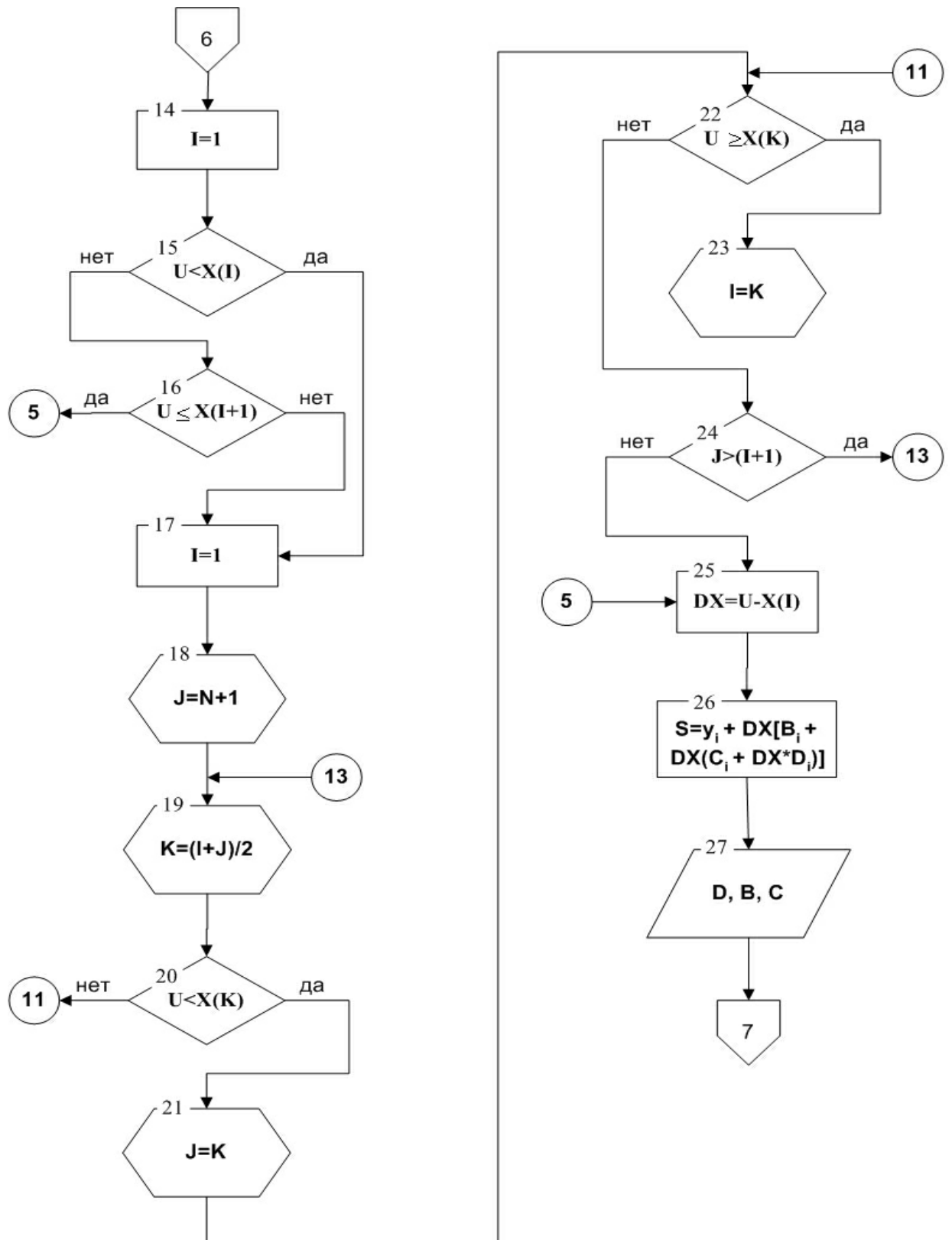


Рис.2.2.

Таблица 2

Данные по азеотропии в бинарных системах, полученные на основе построения азеотропных рядов.

| Первый компонент | | Компоненты гомологического ряда (2-й компонент) | | Данные по азеотропии | Литература | Выводы |
|------------------|---------|---|---------|----------------------|------------|--------|
| | Tкип °C | | Tкип °C | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Ацетальдегид | 20,2 | Ацетон | 56,25 | - | 36 | |
| | | Метилэтилкетон | 79,6 | | | - |
| Ацетальдегид | 20,2 | Метанол | 64,7 | - | 36 | |
| | | Этанол | 78,3 | - | 36 | |
| | | Изопропанол | 82,2 | | | - |
| | | Пропанол | 97,2 | | | - |
| | | Изобутанол | 108,0 | | | - |
| | | Бутанол | 117,5 | | | - |
| | | Изоамилол | 132,0 | | | - |
| | | Амилол | 138,0 | | | - |
| Ацетальдегид | 20,2 | Метилформиат | 31,75 | - | 36 | |
| | | Этилформиат | 54,15 | | | - |
| | | Метилацетат | 56,9 | - | 37 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | Этилацетат | 77,15 | | | - |
| | | Пропилформиат | 81,9 | | | - |
| | | Пропилацетат | 101,6 | | | - |
| | | Бутилацетат | 126,0 | | | - |

| | | | | | | |
|----------------------|------|----------------|-------|---|----|---|
| Пропионовый альдегид | 48,7 | Ацетон | 56,2 | - | 36 | |
| | | Метилэтилкетон | 79,6 | | | - |
| | | Метанол | 64,72 | - | 36 | |
| | | Этанол | 78,3 | - | 36 | |
| | | Изопропанол | 82,2 | | | - |
| | | Пропанол | 97,2 | - | 36 | |
| | | Изобутанол | 107,8 | - | 36 | |
| | | Бутанол | 117,5 | | | - |
| | | Изоамилол | 132,0 | | | - |
| Пропионовый альдегид | 48,7 | Амилол | 138,0 | | | |
| | | Метилацетат | 56,95 | - | 36 | |
| | | Этилацетат | 77,15 | | | - |
| | | Пропилформиат | 81,3 | | | - |

"+" - азеотропные системы; "-" - зеотропные системы.

В результате построения рядов бинарных азеотропов получены данные по азеотропии для 68 систем рассматриваемой смеси, показано наличие азеотропа в системе изопропанол -пропилацетат с температурой кипения $81,8^{\circ}$ и содержанием спирта 75,5 % масс. (в отличие от литературных данных, утверждающих ее азеотропность) уточнена температура кипения водного азеотропа пропилацетата ($80,5^{\circ}\text{C}$), для которого в литературе приводится температура кипения в широком интервале (от $76,6^{\circ}$ до $82,8^{\circ}$). В результате построения рядов бинарных азеотропов получены данные по азеотропии для 125-ти бинарных систем.

Снижение размерности исследуемой бинарной системы

Исследование азеотропных рядов тем не менее не дало полной информации об азеотропии в составляющих рассматриваемую смесь системах. Недостаток информации приводит к необходимости снижения смеси до максимально возможного, для которого может быть найдена полная информация о наличии особых точек (18). Снизить размерность

концентрационного симплекса можно на основе установления аналогии фазового поведения двух или более членов гомологического ряда по отношению к другим компонентам исследуемой смеси. Это позволит заменить два или более гомологов, характеризующихся качественно аналогичным фазовым поведением по отношению ко всем остальным компонентам смеси, одним обобщенным компонентом.

С этой целью были рассмотрены данные по азеотропии в бинарных системах, образованных альдегидами смеси и другими компонентами. Найдено, что формальдегид и ацетальдегид не образует азеотропов с компонентами смеси (табл. 3). Это дает основание рассматривать в дальнейшем один обобщенный компонент ацетальдегид. В рассмотренных нами системах фазовое поведение акролеина и пропионового альдегида аналогично, поэтому они могут рассматриваться как обобщенный компонент пропионовой альдегид.

Фурфурол исключен из анализа как самый тяжелокипящий компонент смеси, полностью уходящий (по опытным данным) с тяжелокипящей фракцией.

Подобное рассмотрение бинарных систем, содержащих спирты и какой-либо другой компонент смеси (табл. 4), показало полную аналогию фазового поведения бутанола, амилола и изоамилола, что позволило рассматривать обобщенный компонент бутанол, поскольку последний является самым близкокипящим (по сравнению с изоамилолом и амилолом) к остальным компонентам рассматриваемой смеси.

Не была найдена аналогии в фазовом поведении ацетона и метилэтилкетона, поэтому они рассматривались в дальнейшем как индивидуальные компоненты (табл. 5).

На основании бинарных систем (табл. 6), содержащих сложные эфиры и другие компоненты смеси, метилформиат исключен из рассмотрения, как не образующий азеотропов ни с одним компонентом смеси. Аналогию фазового поведения проявляют метилацетат и этилформиат, которые представлены в дальнейшем обобщенным компонентом метилацетат.

Пропилацетат и бутилацетат заменены обобщенным пропилацетатом, от которого бутилацетат отличается лишь образованием азеотропов с высшими спиртами смеси. При этом температура кипения азеотропа даже с самым легкокипящим из них - бутанолом - практически близка к температуре кипения самого тяжёлого компонента смеси.

Проведенный анализ бинарных систем позволил снизить размерность концентрационного симплекса и рассматривать в дальнейшем смесь, содержащую 15 компонентов (табл. 7), некоторые из которых являются, в

соответствии с принятыми допущениями, обобщенными (в табл. 1). Для всех бинарных систем этих компонентов найдены данные по азеотропии.

Наличие данных по азеотропии в бинарных составляющих для 15-ти компонентной смеси позволяет перейти к выявлению особых точек высших размерностей и установлению структур диаграмм дистилляции в соответствующих симплексах.

Таблица 3

Данные по азеотропии в бинарных системах, образованных альдегидами с другими компонентами смеси.

| Компоненты исследуемой смеси | Альдегиды (Ткип. °С) | | | | |
|------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|------------------|
| | Формальдегид (-21,0) | Ацетальдегид (20,8) | Пропионовый альдегид (48,0) | Акролеин (52,5) | Фурфурол (161,7) |
| Вода | - | - | + | + | + |
| Муравьиная кислота | - | - | - | - | - |
| Уксусная кислота | - | - | - | - | |
| Ацетон | - | - | - | | |
| Метилэтилкетон | - | - | - | - | |
| Метанол | - | - | - | - | - |
| Этанол | - | - | - | - | |
| Изопропанол | - | - | - | - | |
| Пропанол | - | - | - | - | |
| Изобутанол | - | - | - | - | |
| Бутанол | - | - | - | - | |
| Изоамилол | - | - | - | - | |
| Амилол | - | - | - | - | |

| | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|
| Метилформиат | - | - | - | - | |
| Этилформиат | - | - | | | - |
| Метилацетат | - | - | - | | - |
| Этилацетат | - | - | - | | - |
| Пропилформиат | - | - | - | - | |
| Пропилацетат | - | - | - | - | |
| Бутилацетат | - | - | - | - | |

"+" - азеотропные системы; "-" - зеотропные системы.

Таблица 4

Данные по азеотропии в бинарных системах, образованных спиртами с другими компонентами смеси.

| Компоненты исследуемой смеси | Спирты (Ткип. °С) | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | Метанол 64,7 | Этанол 78,3 | Изопро- панол 82,2 | Пропанол 97,2 | Изобута- нол 108,0 | Бутанол 117,5 | Изоамило- вый спирт 132,0 | Амиловый спирт 138,0 |
| Вода | - | + | + | + | + | + | + | + |
| Формальдегид | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ацетальдегид | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Пропионовый альдегид | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Акролеин | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Фурфурол | - | | | | | | | |
| Муравьиная кислота | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Уксусная кислота | - | - | - | - | + | + | + | + |
| Ацетон | + | - | - | - | - | - | - | - |
| Метилэтилкетон | + | + | + | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Метилформиат | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Этилформиат | + | - | - | - | - | - | - | - |
| Метилацетат | + | + | - | - | - | - | - | - |
| Этилацетат | + | + | + | - | - | - | - | - |
| Пропилформиат | + | + | + | + | - | - | - | - |
| Пропилацетат | - | + | + | + | + | - | - | - |
| Бутилацетат | - | - | - | - | - | + | + | - |

"+" - азеотропные системы; "-" - зеотропные системы.

Таблица 5

Данные по азеотропии в бинарных системах, образованных кетонами с другими компонентами смеси.

| Компоненты исследуемой смеси | Кетоны (Ткип. °С) | |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------|
| | Ацетон (56,4) | Метилэтилкетон (79,6) |
| Вода | - | + |
| Формальдегид | - | - |
| Ацетальдегид | - | - |
| Пропионовый альдегид | - | - |
| Акролеин | - | - |
| Муравьиная кислота | - | - |
| Уксусная кислота | - | - |
| Метанол | + | + |
| Этанол | - | + |
| Изопропанол | - | + |
| Пропанол | - | - |
| Изобутанол | - | - |

| | | |
|---------------|---|---|
| Бутанол | - | - |
| Изоамилол | - | - |
| Амилол | - | - |
| Метилформиат | - | - |
| Этилформиат | - | - |
| Метилацетат | + | - |
| Этилацетат | - | + |
| Пропилформиат | - | + |
| Пропилацетат | - | - |
| Бутилацетат | - | - |

"+" - азеотропные системы; "-" - зетропные системы.

Таблица 6

Данные по азеотропии в бинарных системах, образованных рядом сложных эфиров с другими компонентами смеси.

| Компоненты исследуемой смеси | Сложные эфиры (Ткип. °С) | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | Метилфор- миат 31,5 | Этилфор- миат 54,1 | Метилаце- тат 56,95 | Этилаце- тат 77,15 | Пропил- формиат 81,3 | Пропил- ацетат 101 | Бутилаце- тат 126,0 |
| Вода | - | + | + | + | + | + | + |
| Формальдегид | - | - | - | - | - | - | - |
| Ацетальдегид | - | - | - | - | - | - | - |
| Пропионовый альдегид | - | - | - | - | - | - | - |
| Акролеин | - | - | - | - | - | - | - |
| Фурфурол | - | - | - | - | - | - | - |
| Муравьиная кислота | - | - | - | - | - | - | - |
| Уксусная кислота | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Метанол | - | + | + | + | + | - | - |
| Этанол | - | - | + | + | + | + | - |
| Изопропанол | - | - | - | + | + | + | - |
| Пропанол | - | - | - | - | + | + | - |
| Изобутанол | - | - | - | - | - | + | - |
| Бутанол | - | - | - | - | - | - | + |
| Изоамилол | - | - | - | - | - | - | + |
| Амилол | - | - | - | - | - | - | + |
| Ацетон | | - | + | - | - | - | - |
| Метилэтилкетон | - | - | - | + | + | - | - |

"+" - азеотропные системы; "-" - зетропные системы.

Таблица 7

Компоненты смеси после снижения размерности концентрационного пространства.

| № компо- нентов | Наименование компонента | Температу- ры кипения °С |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1 | Ацетальдегид | 81,3 |
| 2 | Пропионовый альдегид | 48,0 |
| 3 | Ацетон | 56,4 |
| 4 | Метилацетат | 56,95 |
| 5 | Метанол | 64,7 |
| 6 | Этилацетат | 77,15 |
| 7 | Этанол | 78,3 |
| 8 | Метилэтилкетон | 79,6 |
| 9 | Пропилформиат | 81,3 |
| 10 | Изопропанол | 82,2 |

| | | |
|----|------------------|--------|
| 11 | Вода | 100,0 |
| 12 | Пропилацетат | 101,55 |
| 13 | Изобутанол | 108,0 |
| 14 | Бутанол | 117,5 |
| 15 | Уксусная кислота | 118,1 |

2.2 Описание и обоснование выбора функциональной схемы автоматизации

Одна из основных задач, ставившихся перед АСУ ТП подготовки сусла - стабилизация текущих значений давлений, расхода и температур, измеренных в заданных точках установки, в пределах определённого, достаточно узкого диапазона. Одновременно была поставлена задача выбора и унификации оборудования АСУ ТП на основе современной элементной базы и компьютерных технологий. При этом не вызвала сомнений необходимость использования SCADA системы в качестве программного обеспечения сбора данных и оперативного управления работой отделения. Основными задачами АСУ ТП отделения подготовки сусла являются следующие:

- получение в реальном масштабе времени данных о ходе процесса;
- обработка и представление текущих данных об измеряемых параметрах в виде таблиц и графиков;
- архивирование параметров с целью ретроспективного анализа протекания технологического процесса;
- представление на экране монитора измеряемых параметров в различных формах и с возможностью их выбора по желанию диспетчера;
- диагностирование и своевременное предупреждение аварийных ситуаций;
- стабилизация основных параметров технологического процесса, обеспечивающих оптимальность эксплуатационных показателей;
- приобретение навыков разработки АСУ ТП на базе современных компьютерных технологий и технических средств.

Поставленные задачи в известных установках до последнего времени решались с помощью различных щитовых приборов. Применительно к пространственно распределённому технологическому оборудованию (а таковым является отделение подготовки сусла) с большим числом измеряемых параметров этот подход влечет за собой трудноразрешимые

проблемы. Во первых, большое количество измерительных приборов требует и большой площади щита для их размещения и увеличения кабельной сети. Во вторых, такое количество приборов требует увеличения штата обслуживающего персонала. В третьих, визуальный обзор данных, отображаемых на большой площади щита, затруднён, что может привести к несвоевременности обнаружения нештатных ситуаций. В четвертых, необходимость протоколирования требует применения регистрирующих устройств (например, самописцев).

Очевидно, что указанный подход совершенно не отвечает требованиям современного производства и необходимо более эффективное решение поставленных задач путём автоматизации процесса контроля и управления процессами.

Выбор технических средств контроля и управления обусловлен прежде всего особенностями технологического процесса и необходимостью унификации оборудования. Исходя из этих особенностей, технические средства системы контроля и управления должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать возможность создания пространственно распределённой системы;
- поддерживать магистрально модульный принцип построения системы;
- обеспечивать оптимальность по критерию «эффективность-стоимость».

Пространственная распределённость системы требует использования стандартных промышленных шин для соединения базовых блоков, что обеспечивает существенное сокращение общей протяжённости сетевого кабеля и оптимизацию пространственного распределения базовых блоков. Магистрально модульный принцип позволяет создавать системы контроля и управления с использованием стандартных электронных модулей, подключаемых к стандартной межмодульной магистрали в базовом объединительном блоке. При широкой номенклатуре модулей имеется возможность создания системы, оптимальным образом соответствующей критерию «эффективность-стоимость» и обладающей способностью к модернизации.

Разработанная АСУ ТП отделения подготовки сушла имеет трёхуровневую структуру (рис. 3.1).

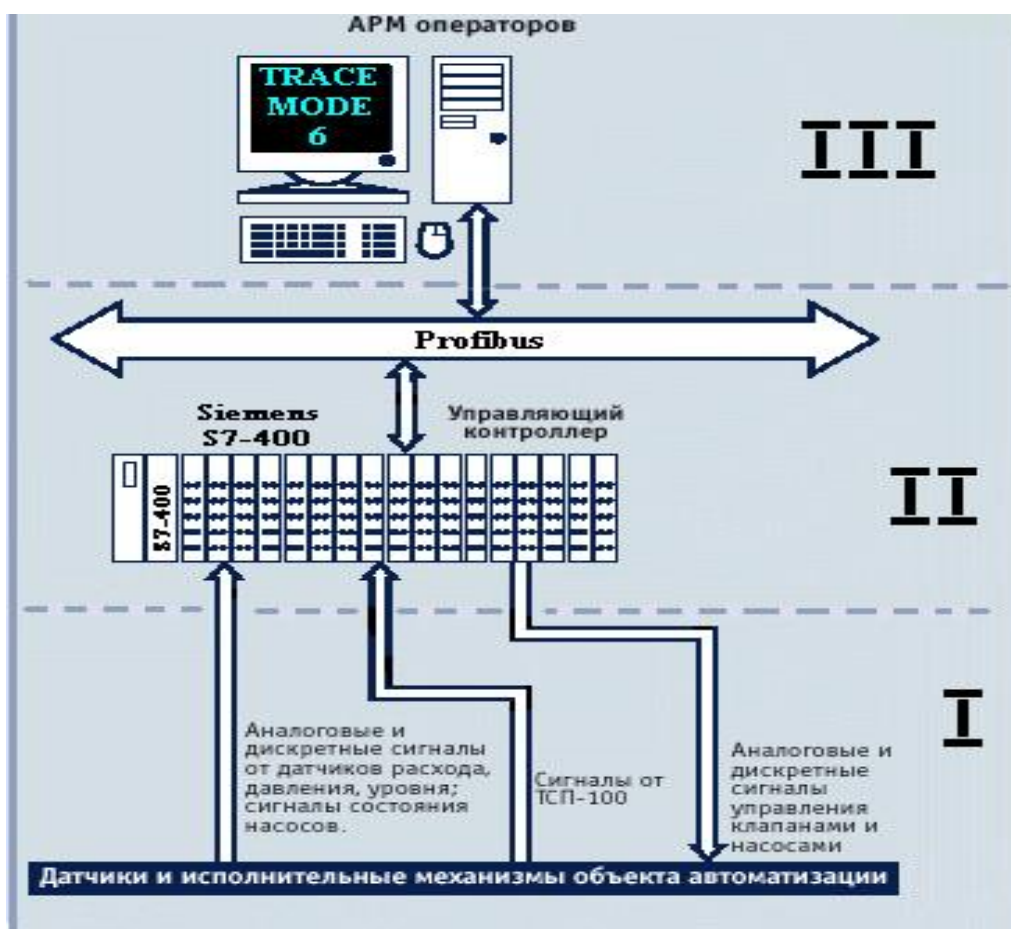
- 1) уровень датчиков и исполнительных механизмов (нижний уровень);
- 2) уровень программируемых логических контроллеров (уровень управления процессом);

3) уровень взаимодействия системы с операторами (интерфейсный, или верхний уровень).

Рассмотрим каждый из этих уровней подробнее.

Нижний уровень — уровень связи с объектом контроля и управления (уровень датчиков и управляющих устройств) используются датчики давления, имеющие унифицированный токовый выход (4...20 мА); для измерения температуры применены термопреобразователи сопротивления платиновые ТСП-100, а для измерения расхода жидкостей использованы ультразвуковые расходомеры с токовым выходом. В качестве исполнительных механизмов применяются клапаны с пневмоприводом, управляемые токовыми сигналами через электропневмопреобразователи.

Средний уровень — уровень сбора и предварительной обработки данных, выдачи сигналов управления и связи с верхним и нижним уровнями (уровень контроллеров коммутаторов), выполняет следующие функции:



Структура АСУ ТП отделения подготовки сула.

Рис.3.1

- приём сигналов от датчиков, установленных на объекте управления; обработка сигналов и приведение диапазонов измерения к инженерным единицам;

- формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления;
- реализация алгоритмов управления объектом в режиме реального времени;
- передача и приём данных из сети.

Уровень управления процессом представлен контроллером Siemens S7-400. Управляющий контроллер, кроме сбора данных и выдачи управляющих сигналов, обеспечивает реализацию алгоритма управления технологической установкой. Использование контроллеров предоставляет разработчику АСУ ТП ряд преимуществ:

- лёгкость монтажа и простота обслуживания;
- простота расширения системы и возможность наращивания
- количества модулей ввода-вывода контроллера без увеличения избыточности системы;
- наличие удобной многофункциональной среды программирования контроллеров
- большой объём внутреннего ОЗУ и высокое быстродействие что позволяет разработчикам организовать реализацию алгоритмов управления большой сложности непосредственно на ПЛК.

Базовые контроллеры комплектуются необходимыми модулями ввода-вывода, обеспечивающими приём сигналов от датчиков и выдачу управляющих воздействий на исполнительные устройства. В проекте АСУ ТП подготовки сула используются следующие модули ввода-вывода:

- восьмиканальный модуль дискретного ввода Siemens SM 321 DI 8xDC 24V (+24 В);
- восьмиканальный модуль дискретного вывода Siemens SM 322 DO 8xDC 24V (+24 В);
- восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 ВIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА);
- четырёхканальный модуль аналогового вывода Siemens SM 332 AO 4x0/4..20 ма (токовый выход 4...20 мА).

Верхний уровень — уровень диспетчерского управления. Реализуются следующие функции:

- опрос по сети контроллеров и обработка оперативной информации о ходе технологического процесса;
- реализация пользовательского интерфейса в удобной и интуитивно понятной для оператора форме;
- ведение архивов параметров технологического процесса, протоколов событий и действий оператора;
- приём от оперативного персонала установок для алгоритмов регулирования и передача их по сети управляющим контроллерам.

Верхний уровень в описываемом проекте АСУ ТП подготовки сусла реализован на базе IBM PC совместимого компьютера в офисном исполнении (Pentium 4/2,19 ГГц, 512 Мбайт ОЗУ, 40 Гбайт, CD ROM) под управлением Microsoft Windows 2000 Professional, и принтера HP LaserJet 1010 для вывода на печать таблично графических результатов измерений и архивированных данных. ЭВМ укомплектованные SCADA HMI системой TRACE MODE 6, образующие современные и достаточно мощные АРМ операторов технологического процесса. АРМ операторов-технологов продублированы с целью обеспечения непрерывности управления технологическим процессом в случае отказа ПЭВМ.

Компьютеры верхнего уровня (АРМ операторов) и контроллеры уровня управления процессом (контроллеры ввода-вывода) объединены сетью стандарта PROFIBUS. Использование сети PROFIBUS позволяет подключать к системе дополнительные АРМ, размещённые на удалённых ПЭВМ.

Электропитание оборудования АРМ операторов, стойки контроллеров и устройств сетевой коммутации осуществляется через источники бесперебойного питания (ИБП) Smart-UPS, которые, помимо фильтрации сетевых помех, обеспечивают работу системы в течение не менее 20 минут после отключения первичного электропитания.

При выборе программного обеспечения верхнего уровня были поставлены две задачи:

- разработка программ сбора данных с датчиков, их предварительной обработки и архивирования
- создание пользовательского интерфейса для оператора верхнего уровня.

Для решения данных задач была выбрана система программирования TRACE MODE 6 (AdAstra Research Inc.), которая позволила достаточно

легко и быстро разработать эффективные программы контроля, управления и гибкого архивирования на основе языка функциональных блоковых диаграмм (FBD).

Однако, фактически являясь программным обеспечением начального уровня для построения относительно небольших систем АСУ ТП, TRACE MODE 6 обладает мощными графическими возможностями для мнемонического представления хода контролируемого технологического процесса. Поскольку в основе данной SCADA системы лежит открытый стандарт взаимодействия аппаратного и программного обеспечения, её применение позволило создать наглядный пользовательский интерфейс, оперативно отображающий ход технологического процесса в анимационной, и графической формах.

Выполняемые функции САУ отделения подготовки сусла обеспечивают управление технологическим процессом, в автоматическом режиме с возможностью внесения корректировок в работу установки с рабочего места оператора. САУ позволяет контролировать и поддерживать в оптимальных режимах следующие параметры технологического процесса:

- температура замеса в аппарате поз. СМ-20. Необходимо поддерживать температуру в пределах 45 ... 50 °С путём подачи пара в аппарат;
- температура замеса после контактной головки поз. ГК-25, путём подачи пара в аппарат, в пределах 65 ... 67 °С;
- температура в аппарате гидродинамической обработки поз. ГДО-26 на уровне 65 ... 67 °С;
- температура в верхней зоне аппарата ферментативной обработки поз. АФО-28 подачей пара в аппарат на значении 70 °С;
- температура в средней зоне аппарата ферментативной обработки поз. АФО-28 подачей пара в аппарат на значении 84 °С;
- температура в верхней зоне аппарата ферментативной обработки поз. АФО-28 подачей пара в аппарат на значении 90 °С;
- температура замеса после контактной головки поз. ГК-30, путём подачи пара в аппарат, в пределах 105 ... 115 °С;
- температура сусла в бродильное отделение на значении 24 °С путём изменения расхода захлажденной воды в теплообменник поз. Т-36;
- давление на входе в аппарат поз. В-32 на значении 0,25 МПа изменением расхода сусла на входе;

- расход суслу в бродильное отделение на значении 13,85 м³/ч регулированием подачи на входе теплообменника поз. Т-36.

Датчики и исполнительные механизмы

В качестве датчиков и исполнительных механизмов в САУ подготовки суслу используются модели лучших зарубежных производителей, отвечающих современным требованиям и имеющим приемлемые показатели с точки зрения цена/качество.

Для измерения температур используются платиновые термометры сопротивления типа ТСП-100. Этот датчик предназначен для измерения температуры в едких и агрессивных жидких средах. Принцип действия датчика температуры основан на изменении сопротивления погружной части по мостовой схеме соединения. Изменение сопротивления прямо пропорционально изменению температуры:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \text{ где } \rho = \rho_0(1 + \alpha \cdot t).$$

Применение платиновых термодатчиков, подключаемых к контроллеру по четырехпроводной схеме позволяет измерять температуры с точностью, не хуже $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

В качестве датчика давления выбираем измерительный преобразователь SITRANS P тип 7MF1563 фирмы Siemens во взрывозащищенном исполнении. Питание датчиков и съем информации с них осуществляется по двухпроводной схеме через искрозащитные барьеры. Пневматический измерительный преобразователь состоит из тонкопленочной измерительной ячейки с керамической мембраной и электронной платы, которые встроены в корпус из нержавеющей стали.

Принцип работы: Тонкопленочная измерительная ячейка имеет тонкопленочный мост сопротивления, на который через керамическую мембрану передается измерительное давление p . Выходное напряжение измерительных ячеек подается на усилитель и на выходном каскаде U/I преобразуется в выходной ток I_0 .

Для измерения расхода суслу могут применяться расходомеры фирм «Siemens». Ультразвуковые расходомеры SITRANS F7ME3001 используются для измерения расхода токопроводящих и непроводящих жидкостей. Благодаря звуковой направленности в форме линии задержки измерение независимо от профиля потока. Изменения температуры, плотности, вязкости и магнитной/электропроводности измеряемого материала не влияют на результат измерений.


Принцип работы: два ультразвуковых преобразователя посылают друг другу попеременно ультразвуковые сигналы. Время прохождения сигналов замеряется. При наличии течения скорость прохождения звука с течением

становится быстрее, а против течения медленнее. Получаемая при этом разница в скоростях прохождения является величиной скорости течения.

Для регулирования потоков пара, сусла, используются электропневматический позиционер для линейных и поворотных приводов Sipart PS2 фирмы Siemens.

Контролируемая информация о технологическом процессе поступает через модули входов/выходов на контроллерную подсистему, где она анализируется и на основании полученных результатов (в зависимости от программы загруженной в контроллер), вырабатываются управляющие воздействия на те или иные точки технологического процесса. Программируемые контроллеры имеют широкий набор сетевых промышленных протоколов (ETHERNET, PROFIBUS, MPI), позволяющие интегрировать подсистемы (программно-технические комплексы) в общезаводскую автоматизированную систему. Контроллеры серии SIMATIC S7-400 - это модульные программируемые контроллеры, работающие с естественным охлаждением. Модульная конструкция, возможность построения распределенных структур управления, наличие дружественного пользователю интерфейса позволяет использовать контроллер для экономичного решения широкого круга задач автоматического управления в различных областях промышленного производства.

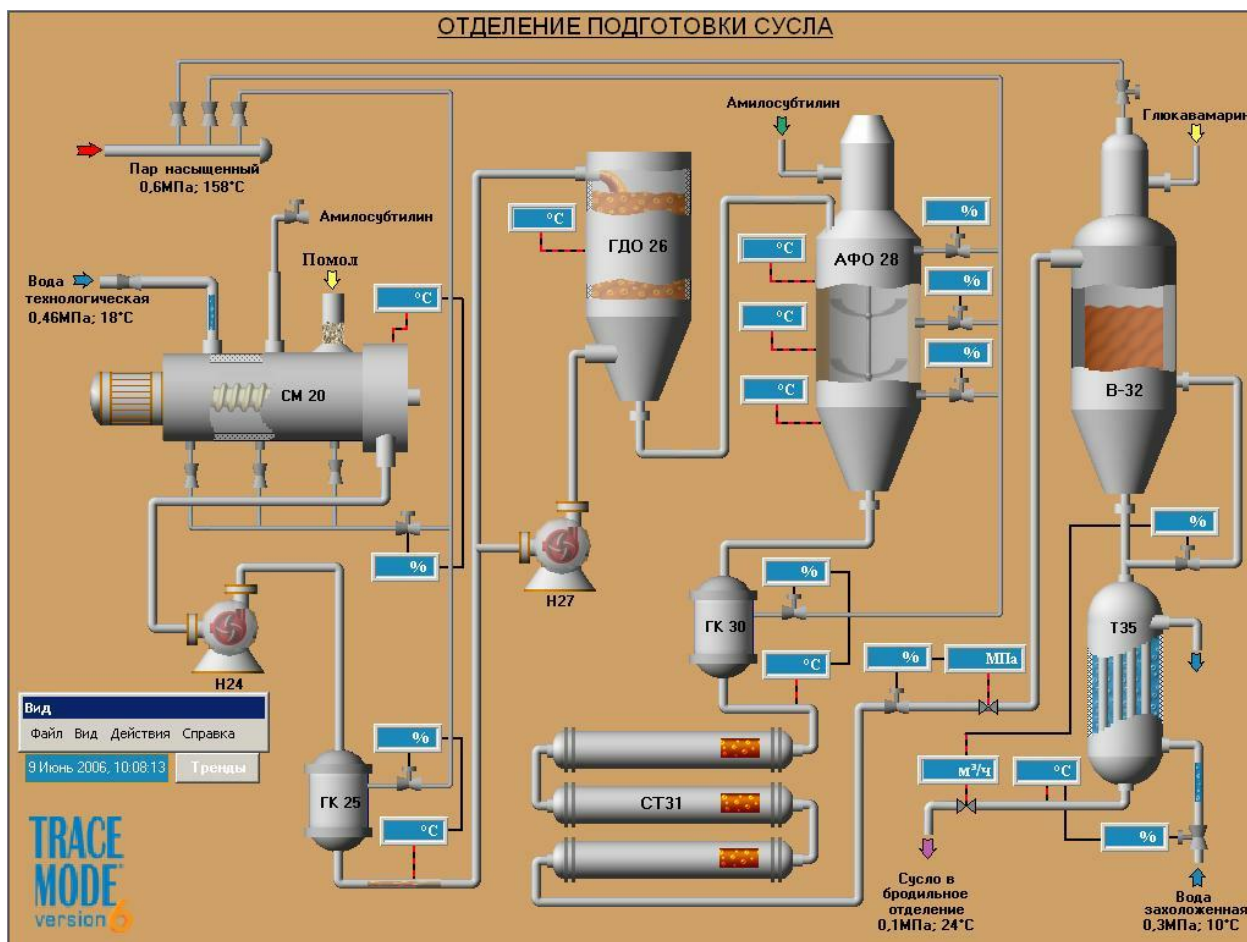
АРМ оператора

АРМ оператора имеет многооконный графический пользовательский интерфейс (интуитивно понятный), выполненного с помощью программного комплекса TRACE MODE 6 предназначенного для разработки, настройки и запуска в реальном времени систем управления технологическими процессами. Для запуска системы в каталоге установки TRACE MODE 6 нужно запустить файл "rtc.exe". При запуске программы откроется главное окно интегрированной среды разработки. Для запуска проекта через меню "Файл ->Открыть" нужно найти и открыть файл "Susla_0.dbb". Основное окно отображается на экране компьютера автоматически после запуска файла (рис. 3.2). Для начала работы необходимо нажать сочетание клавиш Ctrl+R или щелкнуть по кнопке  на панели инструментов.

На экране изображена схема технологического оборудования с выведенными на нее значениями измеренных параметров и органов управления техпроцессом. Основное назначение окна - отображать реальные значения измеренных величин и положения регулирующих органов в реальном времени а также наглядно показать физические процессы происходящие в каждом из аппаратов. Для отображения и изменения основных параметров технологического процесса, настроек регуляторов а также показа графиков переходных процессов в основном окне расположена кнопка "Тренды". После нажатия на этой кнопке мы

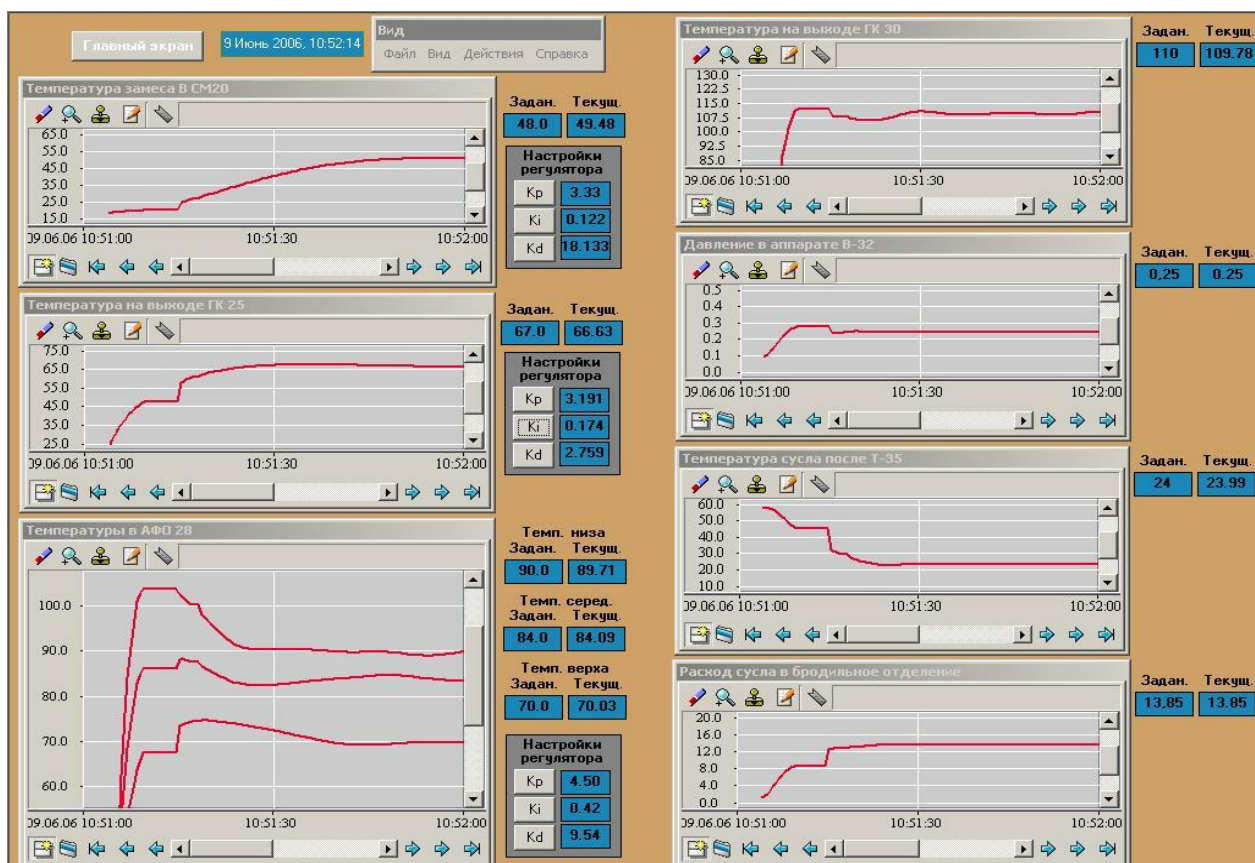
переходим на следующее окно. (рис.3.3). Как видно из рисунка, измеряемые параметры разбиты на окна и отображаются каждый в своём окне. Изменить значение нужного параметра можно щёлкнув левой кнопкой мыши на цифры под полем "Задан.", и в ответ на запрос программы ввести в поле ввода новое значение. Изменить коэффициенты настроек регуляторов можно аналогично что и задание, щелкнув мышью на кнопке нужного коэффициента.

Используя, дополнительные окна можно проводить анализ технологического процесса за любой промежуток времени (час, день, год и более). Для возврата в основное окно служит кнопка "Главный экран", после нажатия на которой мы снова возвращаемся к виду показанного на рис. 3.2.



Основное окно наблюдения за технологическим процессом.


Рис. 3.2



Окно программы "Тренды"

Рис. 3.3

При возникновении в системе аварийных ситуаций, отказе оборудования, нештатных ситуациях на экране АРМ оператора появляется соответствующие сообщение и включается предупредительная или аварийная сигнализация.

Перед выходом сначала необходимо остановить работу проекта сочетанием клавиш Ctrl+R или щелкнуть по кнопке  на панели инструментов.

Убрать с экрана АРМ оператора можно стандартными способами Windows это Alt+F4 или нажатием на крестик в правом верхнем углу.

2.3 Моделирование САР в среде разработке TRACE MODE 6.

Рассмотрим построения САР на примере регулирования температуры замеса в аппарате поз. СМ-20. Согласно технологическому регламенту температура замеса во время смешивания должна поддерживаться в пределах 45-50 °С, для этого в три точки аппарата подаётся острый пар из сети завода. Начальная температура - 18 °С. Классическая структурная схема контура регулирования температуры замеса представлена на рисунке 3.4

Структурная схема САР температуры.

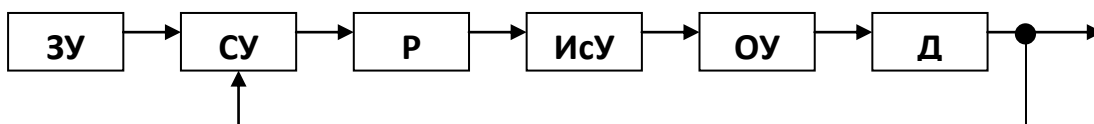


рис. 3.4

Здесь:

ЗУ— задающее устройство

СУ— сравнивающее устройство

Р— регулятор

ИсУ— исполнительное устройство

ОУ— объект управления

Д— датчик

Во многих задачах регулирования температуры в резервуаре при определении передаточных функций принимают перемешивание идеальным. Тогда объект описывается дифференциальным уравнением первого порядка с постоянной времени, равной времени пребывания в резервуаре. Следовательно в качестве модели объекта выбрано инерционное звено первого порядка имеющей вид:

$$W = \frac{K}{T_p + 1} e^{-\tau p}$$

где К - коэффициент усиления объекта управления,
 τ - время запаздывания по истечении которого изменение температуры происходит на выходе из резервуара. Это запаздывание (называемое запаздыванием смещения) зависит от размеров резервуара, вязкости жидкости, конструкции и скорости вращения мешалки, определяющих интенсивность перемешивания, Т - постоянная времени, зависящая от скорости изменения расхода пара при изменении положения регулирующего органа.

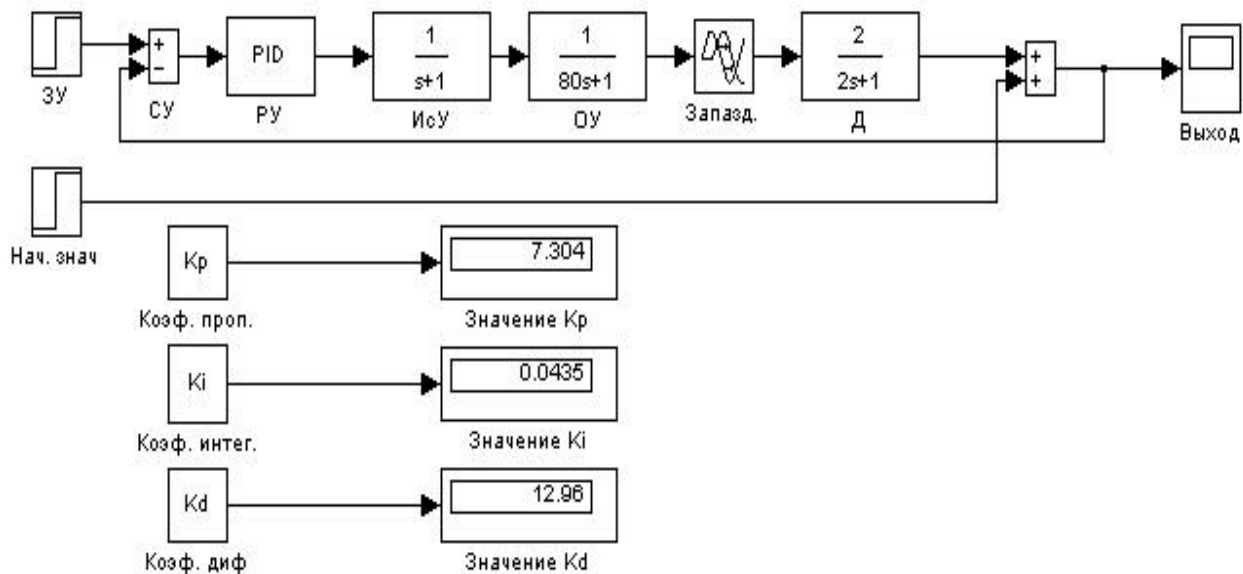
В качестве закона регулирования выбран ПИД-регулятор со следующими настройками:

коэффициент пропорциональности (K_p) – 3.567;

время интегрирования (K_i) – 0.0435;

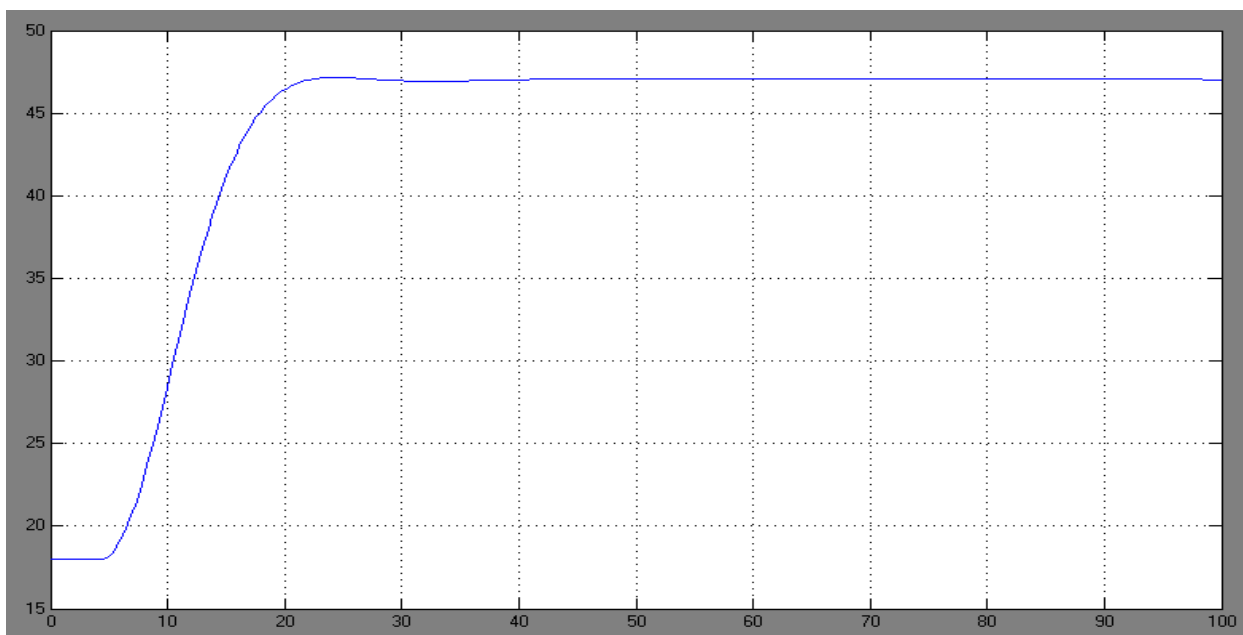
время дифференцирования (K_d) – 12.96;

На основе приведённой структурной схемы (рис. 3.4) в среде Matlab 6.5 собрана модель системы автоматического регулирования температуры (рис. 3.5).



Модель САР температуры замеса в среде Matlab 6.5

рис. 3.5



Переходной процесс САР температуры замеса.

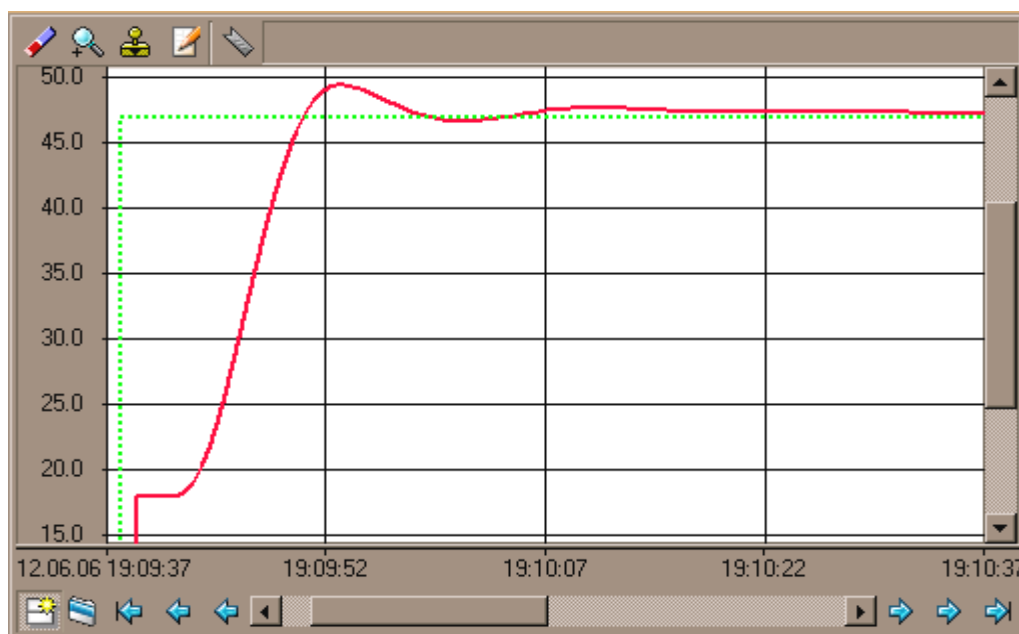
рис. 3.6

Характеристики переходного процесса (статическая ошибка, перерегулирование, интегральная оценка) позволяют судить о правильности выбора настроек регулятора.

Ниже на рис. 3.8 приведена FBD-программа, созданная в среде Trace Mode 6 на основе смоделированной системы и использующая те же

настройки и передаточные функции объекта и исполнительного устройства. На рис. 3.7 показан график переходного процесса так, как он выглядит в Trace Mode 6. Если сопоставить этот график и график на рис. 3.6 то будет видно что они почти идентичны. Следовательно можно сделать вывод что интегрированная среда разработки Trace Mode 6 может использоваться не только для управления реальными технологическими процессами, но и для их моделирования, что и было использовано в данной дипломной работе.

Аналогично показанной на рис. 3.8 функциональной блок-схеме для регулирования температуры в аппарате поз. СМ-20 были построены остальные контура регулирования температуры, давления, расхода.



Переходной процесс САР температуры замеса в Trace Mode 6.

рис. 3.7

Для непосредственного запуска приложения необходимо проинсталлировать программный комплекс Trace Mode 6 (Base) на ПК. В случае успешной установки на рабочем столе должен появиться значок для запуска интегрированной среды разработки. Для нормальной эксплуатации разработанного в проекте приложения для ИСР Trace Mode 6 необходима следующая конфигурация оборудования:

Операционная система – Windows XP;

процессор – Pentium 4;

оперативная память – 512МВ;

пространство на жестком диске – 1.5 GB;

FBD- программа регулирования температуры в апп. поз. СМ-20.

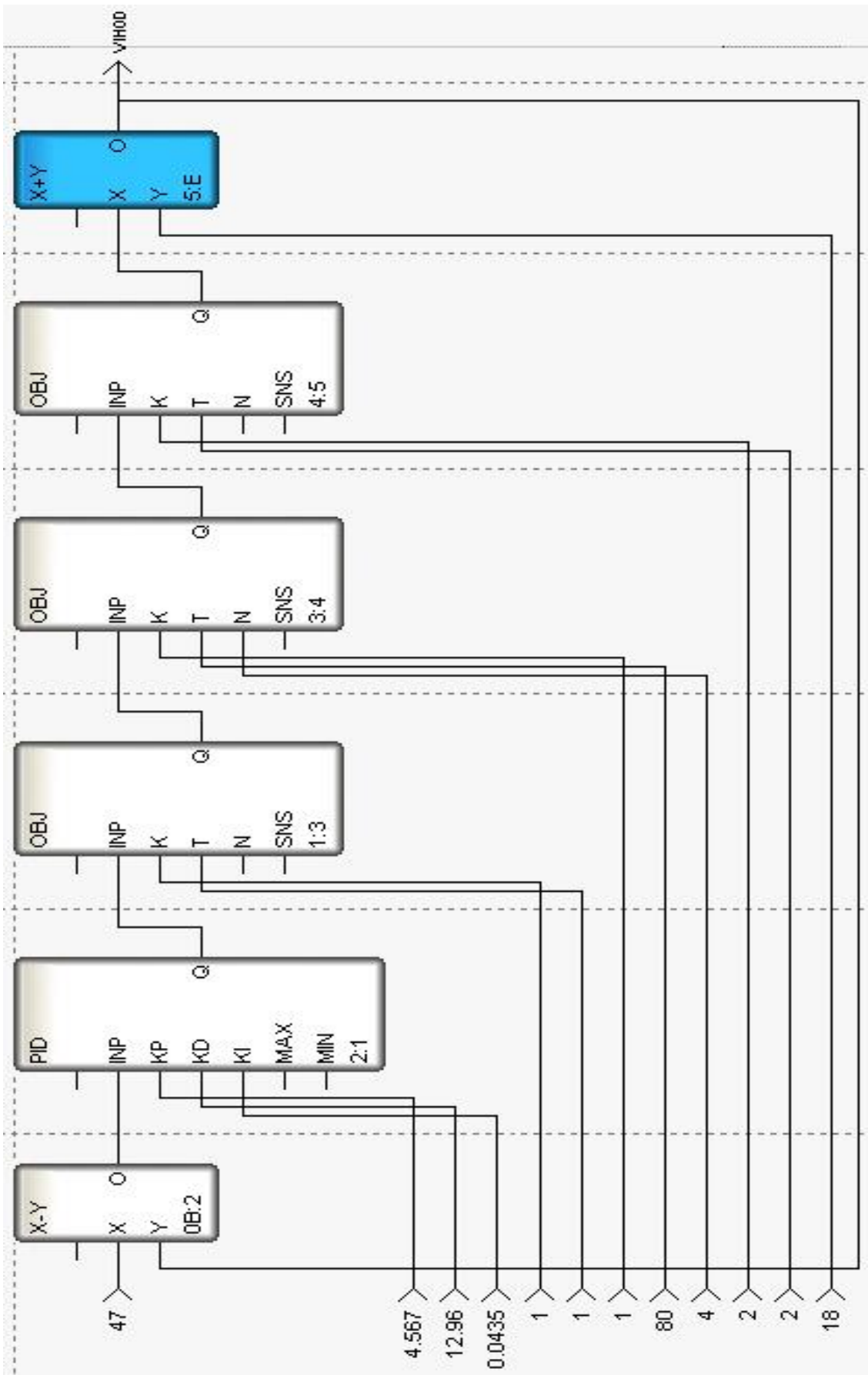


рис. 3.8

2.4 Спецификация КИПиА

| Наименование контролируемого параметра, место установки датчика или отбора проб | Буквенное и цифровое обозначение функции приборов по технологической схеме | Место установки средств контроля и управления | Нормы и технологические показатели | Перечень средств контроля и управления, технические характеристики | Кто Контролирует |
|--|--|---|------------------------------------|--|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ТЕМПЕРАТУРА | | | | | |
| 1. Автоматическое регулирование температуры замеса в апп. поз. СМ-20 подачей пара в апп. | TRC-1 | На трубопроводе | $t = 45 \dots 50$ °C | 1.Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180°С. Длина монтажной части – 250мм. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т 2.Восьмиканальный модуль | Аппаратчик |

| | | | | | |
|---|-------|----------|-------------------------|--|------------|
| | | | | <p>аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>3.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| <p>2. Автоматическое регулирование температуры замеса в апп. поз. ГК-25 подачей пара в апп.</p> | TRC-2 | По месту | $t = 65 \dots 67$ °C | <p>1.Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180°C. Длина монтажной части – 100мм. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т</p> <p>2.Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM</p> | Аппаратчик |

| | | | | | |
|-----------------------------------|------|----------|-------------------------|--|------------|
| | | | | 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА) 3.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | | | электро/пневматическим позиционером. | |
| 3. Температура в апп. поз. ГДО-26 | TI-3 | По месту | $t = 65 \dots 67$ °C | 1.Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180°С. Длина монтажной части – 500мм. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т 2.Восьмиканальный модуль | Аппаратчик |

| | | | | | |
|--|-------|----------|----------------------------------|---|------------|
| | | | | <p>аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>3.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| <p>4. Автоматическое регулирование температуры в верхней зоне апп. поз. АФО-28 подачей пара в апп.</p> | TRC-4 | По месту | $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ | <p>1.Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180^oС. Длина монтажной части – 500мм. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т</p> <p>2.Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM</p> | Аппаратчик |

| | | | | | |
|---|-------|----------|-----------------------------------|---|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | <p>331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>3.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> <p>5</p> | 6 |
| 5. Автоматическое регулирование температуры в средней зоне апп. поз. АФО-28 подачей пара в апп. | TRC-5 | По месту | $t = 84 \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180 $^{\circ}\text{C}$. Длина монтажной части – 500мм. | Аппаратчик |

| | | | | | |
|--|--------------|-----------------|---|---|-------------------|
| | | | | <p>Материал защитной арматуры – сталь 12X18H10T</p> <p>Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| <p>6. Автоматическое регулирование температуры в верхней зоне апп. поз. АФО-28 подачей пара в апп.</p> | <p>TRC-6</p> | <p>По месту</p> | <p>$t = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$</p> | <p>Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180^oC. Длина монтажной части – 500мм. Материал защитной арматуры</p> | <p>Аппаратчик</p> |

| | | | | | |
|---|-------|-----------------|--------------------|--|------------|
| | | | | <p>– сталь 12X18H10T</p> <p>Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 7. Автоматическое регулирование температуры замеса после контактной головки поз. ГК-30, путём подачи пара | TRC-7 | На трубопроводе | t = 105 ... 115 °C | Измерительный преобразователь SITRANS T с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых | Аппаратчик |

| | | | | | |
|--|-------|-----------------|-----------|---|------------|
| в апл. | | | | <p>температур 0-180°C. Длина монтажной части – 100мм. Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т</p> <p>Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 ВIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| 8. Автоматическое регулирование температуры сула в бродильное отделение, путём изменения расхода захоложенной воды в теплообменник | TRC-8 | На трубопроводе | t = 24 °С | Измерительный преобразователь SITRANS Т с термометром сопротивления РТ 100 с унифицированным выходным сигналом 4-20мА. Диапазон измеряемых температур 0-180°C. Длина монтажной части – 500мм. | Аппаратчик |

| | | | | | |
|---|-------|----------|---------------|---|-----------|
| поз. Т-36 | | | | <p>Материал защитной арматуры – сталь 12Х18Н10Т</p> <p>Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 ВIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Давление | | | | | |
| 9.Автоматическое регулирование давления в апп. поз. | PRC-1 | По месту | Р=0,25 МПа | 1.Преобразователь избыточного давления Метран 43-Ех-ДИ, с мембранным | Аппаратчи |

| | | | | | |
|--|-------|-----------------|-----------------------------|--|------------|
| В-32 | | | (2,5 кгс/см ²) | <p>разделителем, пределы измерения: 0-0,40 МПа, вых сигнал 4-20мА, питание 24В постоянного тока.</p> <p>2.Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 ВIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>3.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | к |
| Расход | | | | | |
| 10. Автоматическое регулирование расхода сула в бродильное отделение | FRC-1 | На трубопроводе | F = 13,85 м ³ /ч | <p>1.Диафрагма бескамерная на условное давление до 0,25 МПа с условным проходом 400 мм, из стали.</p> <p>2.Датчик дифференциальный</p> | Аппаратчик |

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| | | | | <p>давления YOKOGAWA серии EJA. Предел измеряемого давления 1...100 кПа. Выход 4...20мА</p> <p>3.Восьмиканальный модуль аналогового ввода Siemens SM 331 AI 8x12 BIT (дифференциальный токовый вход 4...20 мА)</p> <p>4.Клапан регулирующий с МИМ SIPART PS2, Ду25, корпус нж, с электро/пневматическим позиционером.</p> | |
|--|--|--|--|---|--|

Глава 3 Безопасности жизнедеятельности.

Безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

Отношения между компонентами безопасности образуют сложную систему взаимоотношений и взаимодействий

Основные элементы безопасности.

Безопасность :

- 1) Международная : Глобальная, Региональная
- 2) Национальная : Государства, Общества, Регионов, Частная
- 3) научно-технологическая, военная, социальная, демографическая, политическая, экономическая, генетическая, экологическая, криминологическая, информационная, энергетическая, культурная, правовая, интеллектуальная

По степени вероятности возникновения различают опасности: реальную и потенциальную.

По размаху и масштабам возможных последствий опасности могут быть: глобальные, региональные, национальные, локальные, частные.

Кроме того, опасности можно классифицировать по сферам общественной жизни и видам человеческой деятельности.

Анализ опасности предусматривает:

- ◆ выделение источника опасности,
- ◆ угрозы опасности,
- ◆ классификацию угроз, их прогнозирование,
- ◆ идентификацию,
- ◆ определение степени опасности и т.п.

По происхождению различают 6 групп опасностей: природные, техногенные, антропогенные, экологические, социальные, биологические

По характеру воздействия на человека опасности можно разделить на 5 групп : механические, химические, физические, биологические, психофизические

По времени проявления отрицательных последствий опасности делятся на: импульсивные, кумулятивные

По локализации различают опасности, связанные с : литосферой, гидросферой, атмосферой, космосом

По вызываемым последствиям: утомление, заболевание, травмы, аварии, пожары, летальные исходы и т.д.

По наносимому ущербу: социальных, технический, экологический, экономический

По сферам проявления опасностей : бытовая, спортивная, дорожно-транспортная, производственная, военная и др.

По структуре опасности делятся на : простые и производственные (порождаемые взаимодействием простых факторов)

По реализуемой энергии опасности делятся на : активные, пассивные

Влияние основных вредных и опасных производственных факторов на человека.

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы. Опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

К опасным физическим факторам относятся: движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента, электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и т.д.

Вредными для здоровья физическими факторами являются: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; высокие влажность и скорость движения воздуха; повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука и различных излучений - тепловых, ионизирующих, электромагнитных, инфракрасных и др. К вредным физическим факторам относятся также запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; недостаточная освещенность рабочих мест, проходов и проездов; повышенная яркость света и пульсация светового потока.

Химические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия на организм человека подразделяются на следующие подгруппы: общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие (вызывающие аллергические заболевания), канцерогенные (вызывающие развитие опухолей), мутагенные (действующие на половые клетки организма). В эту группу входят многочисленные пары и газы: пары бензола и толуола, окись углерода, сернистый ангидрид, окислы азота, аэрозоли свинца и др., токсичные пыли, образующиеся, например, при обработке резанием бериллия, свинцовистых бронз и латуней и некоторых пластмасс с вредными наполнителями. К этой группе относятся агрессивные жидкости (кислоты, щелочи), которые могут причинить химические ожоги кожного покрова при соприкосновении с ними.

К биологическим опасным и вредным производственным факторам относятся микроорганизмы (бактерии, вирусы и др.) и макроорганизмы (растения и животные), воздействие которых на работающих вызывает травмы или заболевания.

К психофизиологическим опасным и вредным производственным факторам относятся физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и др.).

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Во многих случаях наличие вредных факторов способствует проявлению травмоопасных факторов. Например, чрезмерная влажность в производственном помещении и наличие токопроводящей пыли (вредные факторы) повышают опасность поражения человека электрическим током (опасный фактор).

Уровни воздействия на работающих вредных производственных факторов нормированы предельно-допустимыми уровнями, значения которых указаны в соответствующих стандартах системы стандартов безопасности труда и санитарно-гигиенических правилах.

Предельно допустимое значение вредного производственного фактора это предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства.

Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, как в процессе работы, так и в отдалённые сроки жизни. Вредные вещества

настоящего и последующего поколений.

В санитарно-гигиенической практике вредные вещества делят на промышленную пыль и токсические вещества.

По происхождению пыль различают: органическую, неорганическую и смешанную.

При вдыхании запылённого воздуха крупные частицы пыли задерживаются в верхних дыхательных путях, а средние и мелкие попадают глубоко в органы дыхания. И чем глубже дыхание (при выполнении тяжёлой физической работы), тем большее количество пыли задерживается в организме, вызывая заболевание бронхитом, пневмонией, пневмокониозом.

В борьбе с образованием пыли эффективны следующие методы:

- устранение ручных операций;
- автоматизация производственных процессов;
- дистанционное управление;
- герметизация оборудования;
- местная вытяжная вентиляция;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) - респираторы, очки, специальные мази, специальная противопылевая одежда.

По физиологическому воздействию на организм все химические вещества делят на 4 группы:

1. Раздражающие (действуют на дыхательные пути и слизистую оболочку глаз).
2. Удушающие (нарушают процесс усвоения кислорода тканями).
3. Соматические яды (вызывают нарушение деятельности всего организма).

4. Вещества, оказывающие наркотическое воздействие.

При работе с химическими веществами могут возникнуть острые и хронические отравления.

Острые профессиональные отравления возникают после однократного воздействия вредных веществ на работающего, когда их концентрация в десятки и сотни раз превышает предельно-допустимую.

Хронические отравления возникают при систематическом, длительном воздействии вредного вещества малыми дозами.

ПДК - это такая максимальная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, которая при дневной работе (кроме выходных) в течение 8 часов (не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья как в процессе работы, так и в отдалённые сроки жизни настоящего и будущих поколений.

По степени воздействия на организм все химические вещества делят на 4 класса:

Класс 1 - чрезвычайно опасные вещества (ртуть, свинец, мышьяк, кадмий). ПДК менее 0,1 мг/м³;

Класс 2 - высоко опасные вещества (бензол, йод, марганец) ПДК от 0,1 до 1,0 мг/м³;

Класс 3 - умеренно опасные вещества (ацетон, метиловый спирт) ПДК от 1,1 до 10,0 мг/м³;

Класс 4 - малоопасные вещества (аммиак, скипидар, этиловый спирт) ПДК более 10 мг/м³.

Класс опасности вещества устанавливается в зависимости от ПДК в воздухе рабочей зоны.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

| Наименование вещества | Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³ | Класс опасности | Агрегатное состояние |
|-----------------------|---|-----------------|----------------------|
|-----------------------|---|-----------------|----------------------|

| Наименование вещества | Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³ | Класс опасности | Агрегатное состояние |
|---|---|-----------------|----------------------|
| 1 . Аммиак | 20 | 4 | п |
| 2 . Марганцово-кислый калий | 0,3 | 2 | а |
| 3 . Сероводород | 3 | 3 | п |
| 1 . Серная кислота | 1 | 2 | а |
| 5 . Соляная кислота | 5 | 2 | п |
| 6 Сода кальцинированная | 2 | 3 | а |
| 7 . Спирт метиловый | 5 | 3 | п |
| 8 . Спирт этиловый | 1000 | 4 | п |
| 9 . Спирт пропиловый нормальный | 10 | 3 | п |
| 10 . Спирт изоамиловый | 10 | 3 | п |
| 11 . Спирт изобутиловый | 10 | 3 | п |
| 12 . Сульфат аммония | 10 | 3 | а |
| 13 . Суперфосфат | 6 | 4 | а |
| 14 . Ртуть металлическая | 0,01 | 1 | п |
| 15 . Ферменты жидкие | 5000 клеток/м ³ | 4 | а |
| 16 . Ферменты сухие | 1 мг/м ³ | 4 | а |
| 17 . Двуокись углерода (СО ₂ *) | 9200 или 0,5 % об. | 4 | п |
| 18 . Углерода окись | 20 | 4 | п |
| 19 . Уксусная кислота | 5 | 3 | п |
| 20 . Формальдегид | 0,5 | 2 | п |
| 21 . Хлорная известь | 6 | 4 | п + а |
| 22 . Щелочи едкие (растворы) в пересчете на NaOH | 0,5 | 2 | а |
| 23 . Этиловый, диэтиловый эфир | 300 | 4 | п |
| 24 . Зерновая пыль (вне зависимости от содержания двуокиси кремния) | 4 | 4 | а |
| 25 . Кормовые дрожжи (по белку) | 0,1 | 4 | а |
| 26 . Бензин-растворитель | 300 | 4 | п |

Примечания: 1. Буквы, обозначающие преимущественные агрегатные состояния веществ в условиях производства, означают: п - пары и (или) газы, а - аэрозоли, п + а - смесь паров и аэрозолей.

2. Знак «+» означает, что вещество опасно при поступлении через кожу.

Безопасность жизнедеятельности на производстве ОАО "Биохим" городе Янгиюле

В ректификационных отделениях спиртового завода приходится работать с веществами, содержание которых в воздухе помещения вредно для обслуживающего персонала. Кроме того, эти вещества опасны и в пожарном отношении ввиду их воспламеняемости и способности образовывать с воздухом взрывчатые газовые смеси. Поэтому брагоперегонные и ректификационные отделения следует устраивать в изолированных помещениях.

Предельно допустимые концентрации продуктов перегонки в воздухе помещений приведены ниже.

Предельно допустимые концентрации в воздухе продуктов перегонки (в мг/л)

| | | | |
|----------------------|-----|----------------------|------|
| Этиловый спирт | 1,0 | Амилацетат | 0,2 |
| Этиловый эфир | 0,3 | Амиловый спирт | 0,05 |
| Этилацетат | 0,2 | Бензол | 0,1 |

При нормальном ведении работы и нормальном состоянии оборудования в цехах концентрация вредных для здоровья рабочих продуктов перегонки ничтожна и не представляет опасности. Для создания нормальных условий необходимо тщательно следить за герметичным закрытием аппаратуры и хорошей вентиляцией помещений.

Продукты перегонки огнеопасны, так как имеют низкую температуру вспышки (температурой вспышки называется та наименьшая температура, при которой пары горючих жидкостей образуют в смеси с воздухом взрывчатую смесь, вспыхивающую от поднесенного открытого огня).

Температура вспышки этилового спирта и его примесей (в °С)

Этиловый спирт 100%-ный12

Водно-спиртовая смесь:

80%-ный спирт19

60%-ный спирт22,75

40%-ный спирт26,25

20%-ный спирт36,75

10%-ный спирт49

Пропиловый спирт23

Изопропиловый спирт12

Этиловый эфир—20

Бензол—12

Уксусноэтиловый эфир—2

Амиловый нормальный спирт55

Спирт образует взрывоопасные смеси в широких пределах концентраций. Еще более взрывоопасны эфиры и бензол.

Граница взрывчатости паров спирта и его примесей

%к объему воздуха г/м³

Этиловый спирт2,8—13,750—260

Уксусноэтиловый эфир0,8—5025—1580

Бензол1,0—8,033—300

Оценка соответствия огнестойкости здания требованиям пожарной безопасности.

Вопросы безопасной жизнедеятельности человека необходимо решать на всех стадиях жизненного цикла, будь то разработка, внедрение или эксплуатация автоматизированных систем управления технологическими процессами на предприятиях.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это могут быть какие-либо психические факторы - чрезмерная физическая и умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также факторы производственной среды - разрушения, отравления, различные травмы, пожары.

Пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства. Определяющим явлением при пожаре является горение веществ и материалов.

Горением называется всякая реакция окисления, при которой выделяется тепло и наблюдается свечение горящих веществ или продуктов их распада, т. е. горение - это процесс взаимодействия между горючим веществом и окислителем.

Наиболее часто пожары происходят на пожароопасных объектах, то есть на объектах, на которых производятся, хранятся или транспортируются продукты, способные к возгоранию. К ним относятся объекты нефтяной, газовой, химической, лесной, текстильной и оборонной промышленности.

В данной главе я рассматриваю вопросы безопасной жизнедеятельности направленных на предупреждение пожаров, предотвращения распространения огня, устройство путей эвакуации людей и материальных ценностей и создание условий для быстрой ликвидации пожара на примере цеха по производству этилового спирта в ОАО "Биохим" расположенного в городе Янгиюле.

По взрывопожарной опасности объекты в соответствии с характером технологического процесса подразделяются на пять категорий: А, Б, В, Г и Д.

Категория А - производства, связанные с применением веществ, которые могут воспламениться или взорваться в результате воздействия воды или кислорода воздуха, жидкостей с температурой вспышки паров до 28° С, горючих газов с нижним пределом взрываемости до 10 % к объёму воздуха, если эти газы и жидкости применяются в количестве, способном образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

Категория Б - производства, в которых применяются жидкости с температурой вспышки паров 28 - 120° С, горючие газы с нижним пределом взрываемости более 10 % к объёму воздуха, если эти газы и жидкости применяются в количестве, способном образовывать с воздухом взрывоопасные смеси; производства связанные с выделением переходящих во взвешенное состояние горючих волокон или пыли в таком количестве, которое может образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

Категория В - производства, где обрабатываются или применяются твёрдые сгораемые материалы и вещества, а также жидкости с температурой вспышки паров выше 120° С

Категория Г - производства, связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, которая сопровождается выделением лучистого тепла, систематическим выделением искр и пламени, а также производства, связанные со сжиганием твёрдого, жидкого и газообразного топлива.

Категория Д - производства связанные с обработкой несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии, инструментальные, воздуходувные и компрессорные станции воздуха и других негорючих газов, цехи бумажной и текстильной промышленности.

Пожары на предприятиях категорий А и Б возможны при средних и даже слабых разрушениях; наиболее уязвимы на этих объектах воздушные

коммуникации. На объектах категорий В, Г и Д возможность возникновения пожаров зависит от степени огнестойкости зданий и плотности застройки.

Огнестойкость это способность здания или сооружения сохранять в условиях пожара свои несущие и ограждающие свойства.

Здания и сооружения по огнестойкости делятся на пять степеней:

I - основные элементы выполнены из негоряемых материалов, а несущие конструкции обладают повышенной сопротивляемостью к воздействию огня;

II - основные элементы выполнены из негоряемых материалов;

III - с каменными стенами и деревянными оштукатуренными перегородками и перекрытиями;

IV - оштукатуренные деревянные здания;

V - деревянные неоштукатуренные строения.

Наиболее опасными являются здания и сооружения, выполненные из сгораемых материалов - III, IV и V степень огнестойкости.

Плотность застройки (П) - отношение суммарной площади ($S_{\text{п}}$), занимаемой всеми зданиями, к площади территории объекта ($S_{\text{т}}$).

$$П = S_{\text{п}} / S_{\text{т}} * 100\%$$

При плотности застройки до 7% пожары не распространяются; при 7 - 20% возможны отдельные пожары; более 20% возможны сплошные пожары.

Для определения категории пожарной опасности к которой относится здание по производству спирта приведу таблицу пожароопасных свойств спирта.

Таблица 14. Пожароопасные свойства спирта.

| Жидкость | Предел воспламенения | | | | Температура само- воспламенения, °С | Теплотворная спо- собность, ккал/кг |
|----------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|--|--|
| | нижний | | верхний | | | |
| | температур- ный, °С | концентраци- онный, % по объёму | температур- ный, °С | концентраци- онный, % по объёму | | |
| Этиловый спирт | 11 | 3,6 | 41 | 19,0 | 404 | 7224 |

Расчет вентиляции ректификационного цеха.

Основным видом вентиляции в ректификационном цехе является общеобменная приточно-вытяжная вентиляция, совместно с отоплением, так называемая общеобменная вентиляция по схеме "снизу-вверх".

Подача чистого приточного воздуха осуществляется в верхнюю зону по воздуховодам равномерной раздачи, а в теплое время года дополнительно организуется приток чистого воздуха в верхнюю зону с помощью вентиляторов.

В ректификационном цехе для осуществления вентиляции применяется центробежный насос ЦЧ-70. Расчет вентиляционной установки заключается в определении производительности вентилятора по величине необходимого воздухообмена, а так же в определении потерь давления, сечения воздуховодов, скорости воздуха в воздуховодах.

При проектировании общеобменной приточно-вытяжной механической вентиляции рекомендуется скорость в воздуховодах 10...15 м/с. Воздуховоды присоединяются к вентиляторам эластичными вставками через патрубки.

Общие потери напора вентилятора

$$H_B = H_T + H_{M.C.}$$

H_B – общие потери напора вентилятора в воздуховодах, Па;

H_T – потери напора на трение, Па;

$H_{M.C.}$ – потери напора от местных сопротивлений, Па.

Потери напора на трение зависят от материала, формы и протяженности вентиляционной сети.

$$H_T = \lambda l v^2 \rho / 2d$$

где λ – коэффициент гидравлического трения воздуха в трубопроводе, равный для металла 0,02...0,03;

l и d – длина и диаметр воздуховода, м;

v – скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с;

ρ – плотность воздуха, зависящая от температуры $\approx 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Наибольшие потери давления происходят в местных сопротивлениях, то есть сужениях, поворотах и других элементах вентиляционной сети.

Местные сопротивления определяются по зависимости:

$$H_{\text{м.с.}} = \sum \xi v^2 \rho / 2d$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участках вентиляционной сети.

Рассчитаем потери давления в вентиляционной сети в ректификационном цехе.

Потери давления на трение:

$$H_{\text{т}} = 0,02 \cdot 20 \cdot 10^2 \cdot 1,2 / 2 \cdot 0,7 = 342,9 \text{ Па.}$$

Для определения местных сопротивлений суммируем коэффициенты местных сопротивлений на участках вентиляционной сети. Мы имеем:

- колено воздуховода под углом 90° ; $\xi = 1,1$
- внезапное сужение, $\xi = 0,2$
- внезапное расширение, $\xi = 0,4$
- жалюзи на входе, $\xi = 0,5$
- жалюзи на выходе, $\xi = 3,0$

$$\sum \xi = 1,1 + 0,2 + 0,4 + 0,5 + 3,0 = 5,2$$

$$H_{\text{м.с.}} = 5,2 \cdot 10^2 \cdot 1,2 / 2 \cdot 0,7 = 445,7 \text{ Па} \quad H_{\text{в}} = 342,9 + 445,7 = 788,6 \text{ Па}$$

По номограмме для определения производительности вентиляторов в зависимости от потерь в вентиляционной сети определяем расчетный воздухообмен, определяемый по выделяемым вредностям L ($\text{м}^3/\text{час}$)

$$L = 6000 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Производительность вентилятора определяется зависимостью:

$$Q = k_3 \cdot L, \quad (9.4)$$

где Q – производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{час}$

k – коэффициент запаса, учитывающий потери и равный $1,1 \dots 1,9$

L – расчетный воздухообмен, $\text{м}^3/\text{час}$.

$$Q = 1,5 \cdot 6000 = 9000 \text{ м}^3/\text{час}$$

Производительность центробежного вентилятора в ректификационном цехе $9000 \text{ м}^3/\text{час}$. Серия вентилятора ЦЧ-70.

Глава 4 Расчёт экономической эффективности.

Показатели эффективности:

1. Рентабельность.
2. Срок окупаемости.
3. Экономическая эффективность.

Издержки - $\sum U_i$ - рассчитываются по следующим экономическим элементам:

- материальные затраты;
- амортизация основных фондов;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- прочие затраты.

$$\sum U_i = U_{из} + U_a + U_{зп} + U_{сн} + U_{пр.з}$$

Прибыль от реализации продукции по проектируемому объекту за год, рассчитывается по формуле:

$$П = В * (Ц - С)$$

П - прибыль предприятия, сум/год;

В - выручка от реализации созданной продукции, сум/год;

Ц - стоимость годового выпуска продукции (по проекту) в оптовых ценах предприятия (без налога с оборота);

С - себестоимость годового выпуска продукции.

Выручка от реализации определяется по формуле:

$$В = П - Н * В$$

Н - величина налогов, выплачиваемых предприятием, сум/год.

Экономический эффект определяется по формуле:

$$а) Э_{п} = \frac{(Ц - С)}{К}$$

К

где Ц - стоимость годового выпуска продукции (по проекту) в оптовых ценах предприятия (без налога с оборота);

С - себестоимость годового выпуска продукции;

К - сметная стоимость строящегося объекта (капитальные затраты по осуществлению мероприятия)

$$б) Э_{п} = \frac{(Ц_2 - Ц_1) + (С_2 - С_1)}{К}$$

К

где Ц₂, Ц₁- стоимость годового выпуска продукции предприятия соответственно за первый и последующий годы, выраженная в неизменных ценах;

С₂, С₁- фактическая себестоимость годового выпуска продукции предприятия за те же годы. С₁ = 1,15*С₂;

Рентабельность рассчитывается по формуле:

$$R = П / К * 100\%$$

где: П - прибыль; К - капитал.

Срок окупаемости:

$$T_{ок} = К - Ф / Э$$

где: К - капитал; Э - экономическая эффективность; Ф - стоимость основных фондов.

Таблица 15.

Объём инвестиций на покупки материально-производственных ресурсов.

| № | Наименование материалов | Ед. изм. | Количество | Стоимость за ед. | НДС 20% | Стоимость с НДС | Покупная |
|----|-------------------------|----------|------------|------------------|------------|-----------------|----------------|
| 1 | Швеллер | м | 10 | 600,00с. | 120,00с. | 720,00с. | 7 200,00с. |
| 2 | Болт | кг | 2 | 3 000,00с. | 600,00с. | 3 600,00с. | 7 200,00с. |
| 3 | Гайка | кг | 1 | 3 000,00с. | 600,00с. | 3 600,00с. | 3 600,00с. |
| 4 | Кронштейн | шт | 20 | 900,00с. | 180,00с. | 1 080,00с. | 21 600,00с. |
| 5 | Кабель КВВГ 14х1,5 | м | 2280 | 2 160,00с. | 432,00с. | 2 592,00с. | 5 909 760,00с. |
| 6 | Кабель КВВГ 17х1,5 | м | 519 | 1 440,00с. | 288,00с. | 1 728,00с. | 896 832,00с. |
| 7 | Труба | м | 78 | 1 200,00с. | 240,00с. | 1 440,00с. | 112 320,00с. |
| 8 | Металлорукав | м | 15 | 2 670,00с. | 534,00с. | 3 204,00с. | 48 060,00с. |
| 9 | Лоток | м | 20 | 3 000,00с. | 600,00с. | 3 600,00с. | 72 000,00с. |
| 10 | Уголок | м | 10 | 1 500,00с. | 300,00с. | 1 800,00с. | 18 000,00с. |
| 11 | Труба бесшовная | м | 150 | 3 810,00с. | 762,00с. | 4 572,00с. | 685 800,00с. |
| 12 | Клапан запорный | шт | 18 | 4 200,00с. | 840,00с. | 5 040,00с. | 90 720,00с. |
| 13 | Дюбель | кг | 2 | 3 900,00с. | 780,00с. | 4 680,00с. | 9 360,00с. |
| 14 | Клапан запорный | шт | 6 | 7 950,00с. | 1 590,00с. | 9 540,00с. | 57 240,00с. |
| 15 | Соединение | шт | 15 | 900,00с. | 180,00с. | 1 080,00с. | 16 200,00с. |
| 16 | Электроды | кг | 3 | 6 000,00с. | 1 200,00с. | 7 200,00с. | 21 600,00с. |

| | | | | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|-------------------|
| Итого: | | | | | | | 7 977 492,00с. |
|--------|--|--|--|--|--|--|-------------------|

Таблица 16.

Объём инвестиции на покупки КИПиА.

| № | Наименование материалов | Ед. изм. | Количество | Стоимость за ед. | НДС 20% | Стоимость с НДС | Покупная |
|---|---|----------|------------|------------------|-----------|-----------------|--------------|
| 1 | Термопреобразователь ТХА | шт. | 1 | 16 890с. | 3 378с. | 20 268с. | 20 268с. |
| 2 | Термопреобразователь ТПР | шт. | 1 | 36 000с. | 7 200с. | 43 200с. | 43 200с. |
| 3 | Термопразователь с унифицированным выходным сигналом ТСПУ | шт. | 1 | 54 000с. | 10 800с. | 64 800с. | 64 800с. |
| 4 | Термопр. с унифицир. вых. сигналом ТСМУ | шт. | 3 | 49 500с. | 9 900с. | 59 400с. | 178 200с. |
| 5 | Дифференциальный датчик давления ЕА | шт. | 21 | 594 000с. | 118 800с. | 712 800с. | 14 968 800с. |
| 6 | Терминал BRAIN | шт. | 1 | 945 000с. | 189 000с. | 1 134 000с. | 1 134 000с. |
| 7 | Датчик разрежения Сапфир 22МТ | шт. | 5 | 56 250с. | 11 250с. | 67 500с. | 337 500с. |
| 8 | БУР-220 | шт. | 5 | 38 250с. | 7 650с. | 45 900с. | 229 500с. |
| 9 | Клапан | шт. | 1 | 72 000с. | 14 400с. | 86 400с. | 86 400с. |

| | предохранительны й | | | | | | |
|----|----------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|
| № | Наименование материалов | Ед. изм. | Коли- чество | Стоимост ь за ед. | НДС 20% | Стоимос ть с НДС | Покупная |
| 10 | Мановакуумметр | шт. | 2 | 31 500с. | 6 300с. | 37 800с. | 75 600с. |
| 11 | Тягонапоромер | шт. | 1 | 18 000с. | 3 600с. | 21 600с. | 21 600с. |
| 12 | Диафрагма камерная | шт. | 2 | 33 750с. | 6 750с. | 40 500с. | 81 000с. |
| 13 | Диафрагма камерная | шт. | 2 | 40 500с. | 8 100с. | 48 600с. | 97 200с. |
| 14 | Диафрагма бескамерная | шт. | 2 | 13 500с. | 2 700с. | 16 200с. | 32 400с. |
| 15 | Диафрагма бескамерная | шт. | 1 | 103 500с. | 20 700с. | 124 200с. | 124 200с. |
| 16 | Диафрагма бескамерная | шт. | 1 | 121 500с. | 24 300с. | 145 800с. | 145 800с. |
| 17 | Заслонка | шт. | 2 | 29 250с. | 5 850с. | 35 100с. | 70 200с. |
| 18 | Заслонка | шт. | 1 | 153 000с. | 30 600с. | 183 600с. | 183 600с. |
| 19 | Исполнительный механизм | шт. | 2 | 13 500с. | 2 700с. | 16 200с. | 32 400с. |
| 20 | Клапан регулирующий | шт. | 2 | 31 500с. | 6 300с. | 37 800с. | 75 600с. |
| 21 | Клапан отсечной | шт. | 1 | 72 000с. | 14 400с. | 86 400с. | 86 400с. |
| 22 | Запальное устройство в | шт. | 2 | 56 250с. | 11 250с. | 67 500с. | 135 000с. |

| | | | | | | | |
|----|---|-------|---|----------------|--------------|----------------|-------------------------|
| | комплекте | | | | | | |
| 23 | Датчик погасания пламени | шт. | 2 | 13 500с. | 2 700с. | 16 200с. | 32 400с. |
| 24 | Устройство контроля уровня вибрации | шт. | 2 | 60 750с. | 12 150с. | 72 900с. | 145 800с. |
| 25 | Блок питания | шт. | 4 | 27 000с. | 5 400с. | 32 400с. | 129 600с. |
| 26 | Блок питания искрозащищенный | шт. | 1 | 33 750с. | 6 750с. | 40 500с. | 40 500с. |
| 27 | Блок корнеизвлечения | шт. | 8 | 36 000с. | 7 200с. | 43 200с. | 345 600с. |
| 28 | Блок преобразования | шт. | 2 | 51 750с. | 10 350с. | 62 100с. | 124 200с. |
| 29 | Автоматизирован- ное рабочее место | компл | 1 | 1 570 050с. | 314 010с. | 1 884 060с. | 1 884 060с. |
| 30 | Модули связи | компл | 1 | 1 109 250с. | 221 850с. | 1 331 100с. | 1 331 100с. |
| 31 | Siemens S7-400 | компл | 2 | 1 912 500с. | 382 500с. | 2 295 000с. | 4 590 000с. |
| 32 | Регулятор расхода пара | шт. | 2 | 20 250с. | 4 050с. | 24 300с. | 48 600с. |
| | Итого: | | | | | | 26 895 528с. |

Затраты на электрическую энергию:

$$Z_{\text{э}} = W * T * S$$

где: W - потребляемая мощность;

T - количество часов работы оборудования;

S - потребляемое количество киловатт/час электроэнергии.

$$Z_3 = 100 * 24 * 36,5; \quad Z_3 = 87600 \text{ с.}$$

Таблица 17.

Основные фонды и их амортизации.

| № | Наименование групп основных фондов | Первоначальная стоимость | Норма амортизации | Годовая амортизация |
|---|---|--------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | Здание | 70 000 000 | 5% | 3500000 |
| 2 | Оборудование | 30 000 000 | 10% | 3000000 |
| 3 | Инструменты | 1 500 000 | 5% | 75000 |
| 4 | Производственно-хозяйственный инвентарь | 8 000 000 | 13% | 1040000 |
| | Итого | | | 7615000 |

$$\sum A_{\text{оф}} = 7615000/12; \quad \sum A_{\text{оф}} = 634583,3333$$

Таблица 18.

Объем инвестиций на разработку проекта.

| № | Наименование | Кол-во | Исполнитель | Оклад за месяц | Ср. днев. з/п | Стоимость за вып.работ |
|---|---|--------|-------------|----------------|---------------|------------------------|
| 1 | Согласование и утверждение программ исслед. | 3 | СНС | 80 000 | 2600 | 7800 |

| | | | | | | |
|----|--|----|-----|--------|------|-------|
| 2 | Составление технического задания | 1 | СНС | 80 000 | 2600 | 2600 |
| 3 | Ознакомление с аналогичными работами других институтов | 4 | СНС | 80 000 | 2600 | 10400 |
| 4 | Подбор и изучение Н.Т. литературы по теме | 7 | МНС | 30 000 | 1000 | 7000 |
| 5 | Моделирование процесса автоматизации | 14 | МНС | 30 000 | 1000 | 14000 |
| 6 | Обработка результатов | 2 | МНС | 30 000 | 1000 | 2000 |
| 7 | Безопасность жизнедеятельности | 3 | СНС | 80 000 | 2600 | 7800 |
| 8 | Экономическая часть | 4 | СНС | 80 000 | 2600 | 10400 |
| 9 | Подготовка презентаций | 2 | СНС | 80 000 | 2600 | 5200 |
| 10 | Защита | 1 | МНС | 30 000 | 1000 | 1000 |
| | Итого: | | | | | 68200 |

Основная заработная плата определяется как сумма оплаты труда всех исполнителей и премии в размере 30%.

$$Z_{\text{осн}} = (\sum Z_{\text{н.с.}}) * 0,3 + \sum Z_{\text{н.с.}} \quad Z_{\text{осн}} = 68200 * 0,3 + 68200; Z_{\text{осн}} = 88660 \text{ с.}$$

Фонд оплаты труда:

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{осн}} + 0,1 * Z_{\text{осн}}$$

$$\Phi OT = 88660 + 0,1*88660$$

$$\Phi OT = 97526 \text{ с.}$$

$$O_{\text{фсс}} = \frac{31*\Phi OT}{100\%} \quad O_{\text{фсс}} = 3023,3 \text{ с.}$$

100%

Таблица 19.

Смета затрат на проведение разработки.

| № | Наименование статей затрат | Сумма (сум) |
|----|--------------------------------|--------------|
| 1 | Стоимость выполненных работ | 10586183,4 |
| 2 | Затраты на производство | 8143218 |
| 3 | Производственная себестоимость | 8045692 |
| 4 | Расходы периода | 97526 |
| 5 | Материальные затраты | 8 065 092,00 |
| 6 | Сырьё | 7 977 492,00 |
| 7 | Электроэнергия | 87600 |
| 8 | Оплата труда | 97526 |
| 9 | Социальное страхование | 3023,3 |
| 10 | Амортизация | 634583,3 |
| 11 | Прочие затраты | 735132,6 |
| 12 | Заработная плата (ИТР)х1,2 | 81840 |

$$K = \sum A_{\text{оф}} + M.З. + \Phi OT; \quad K = 634 583,3\text{с.} + 7 977 492 \text{ с.} + 97 526 \text{ с.}$$

$$K = 8\,709\,601,33 \text{ с.}$$

Прибыль:

$$П = C_1 - C_2 ; П = 10\,586\,183,4 - 8\,143\,218 = 2\,442\,965,4 \text{ с.}$$

Эффективность:

$$\mathcal{E} = 1,15 * C_2 - C_2 ; \mathcal{E} = 1,15 * 8\,143\,218 - 8\,143\,218 = 1\,221\,482,70 \text{ с.}$$

Срок окупаемости:

$$T_{ок} = K/\mathcal{E}; T_{ок} = 8\,709\,601,33 / 1\,221\,482,70 = 7,13 \text{ года}$$

Рентабельность: $R = \frac{П}{K} * 100\%$ $R = \frac{2\,442\,965,4}{8\,709\,601,33} * 100\% = 28\%$

Таблица 20.

Затраты экономической эффективности от выполненных работ.

| № | Наименование показателей | Ед. изм | Величина | Примечание |
|---|--------------------------|---------|--------------|------------|
| 1 | Стоимость вып. раб. | сум. | 10 586 183,4 | из табл. 5 |
| 2 | Затраты на производство | сум. | 8 143 218 | из табл. 5 |
| 3 | Инвестиции | сум. | 8 709 601,33 | из расчета |
| 4 | Экономический эффект | сум. | 1 221 482,70 | -//- |
| 5 | Срок окупаемости | год | 7,13 | -//- |
| 6 | Рентабельность | % | 28 | -//- |

Заключение.

В данной выпускной работе решена задачи автоматизации процесса приготовления суслу Янгиюльском заводе ОАО "Биохим".

На этапе разработки и проектирования использовался в основном технические средства автоматизации фирмы «Honeywell».

Произведя оценки полученных результатов можно сделать вывод о надёжной работе проектируемой системы автоматического контроля и регулирования.

Всевозрастающие требования к повышению качества биосинтеза зерна в высококачественный этиловый спирт и снижение удельных энергозатрат невозможны без разработки математических моделей. Компоненты спиртового конденсата образуют бинарные и тройные азеотропные соединения. Появление гомогенных азеотропов в смеси кардинально меняет характер ее разделения вплоть до невозможности выделения целевых продуктов.

Было получено теоретическое обоснование действующей установки выделения этилового спирта из бражки, а также появилась возможность внести некоторые изменения в схему.

В современных условиях промышленным предприятиям жизненно важно повысить прозрачность путем создания автоматизированных систем управления. Разработанная на основе среды интегрированного управления Trace Mode 6 АСУ отделения подготовки суслу решена задачи управления распределённым технологическим оборудованием и централизации регулирования многосвязных технологических параметров. Созданный упрощённый пользовательский интерфейс для оператора, включающий в себя 2 мнемосхемы, позволяет непосредственно с одной рабочей станции осуществлять комплексное управление основными параметрами технологического процесса.

Список литературы

1. Свентославский В. Азеотропия и полиазеотропия. "Химия", М. 1968.
2. Иванова, Л. В. Синтез схем экстрактивной ректификации азеотропных смесей – 2005.
3. Богданов А.В. Справочник по производству спирта. Технология. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 465 с.
4. Пути повышения качества и увеличение выхода ректификационного спирта./Под редакцией Ярмоша В.И. М.: Пищепромиздат. 2003. – 345 с.
5. Проскурин Н.Г. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта. Воронеж, 1989. – 31 с.
6. Морачевский А. Г., Смирнова Н. А. и др. Термодинамика равновесия жидкость-пар: под ред. Морачевского А. Г. - Л., "Химия", 1989, 344с.
7. Азясская Т. Н., Батищева Н. Е., и др. Имитационное моделирование фазовых равновесий: под ред. Мозжухина А. С. - М: МИТХТ., 1994, 46с.
8. Шульга Г. Е. Термодинамико-топологический анализ структур фазовых диаграмм многокомпонентных азеотропных смесей. Диссертация кандидата технических наук. М: МИТХТ. 1982.
9. Стабников В.Н. и др. Этиловый спирт. М.: Пищевая промышленность, 2005
10. Якубенюк Э.Ф., Кирсанов В.И. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломном проекте. Воронеж, 2001
11. Под.ред. Л. Н. Плужникова. Автоматизация технологических процессов лёгкой промышленности: Учебное пособие. М: Высшая школа, 1984.
12. Под. ред. Е. Б. Карпина. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учебное пособие. М.: Агропромиздат, 1985.
13. Под. ред. Е. Г. Дудникова. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов. М.: Химия, 1987.
14. Шувалов В. В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. 3-е издание. М., Энергоатомиздат, 1991.
15. Клюев А. С. Наладка средств измерений и систем технологического контроля. 2-е издание. М., Энергоатомиздат, 1990.

16. Дудников Е. Г. и др. Построение математических моделей химико-технологических объектов. "Химия", Л., 1970, 312.
17. Macable W. L., Thide E. W. Ind. Eng. Chem., 1975, 17, 605.
18. Бельков В. П. Кафаров В. В. Математические модели и алгоритмы расчёта массообменных и тепловых процессов. М. МХТИ. 1985. 210с.
19. Ключев А. С., Глазов Б. В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. М., Энергоатомиздат, 1990.
20. Маннанов У. В. Математическое моделирование сложных реакционно-ректификационных процессов.
21. Мухитдинов Д. П., Маннанов У. В. К разработке сложных технологических схем ректификации многокомпонентных азеотропных смесей. Сб. тр ТашПИ. Ташкент, 1981. Вып. 313, 72-81 с.
22. Мухитдинов Д. П. Оптимизация систем ректификационных колонн в спиртовых производствах: Автореферат, канд. тех. наук. Москва, 1978, 78 с.
23. www.twirpx.com
23. yanko.lib.ru
25. www.ozon.ru
26. infokniga.ucoz.ru
27. <https://ru.wikipedia.org>
28. www.ask.com