МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛЕСНОЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА»

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

Н. А. Секушин

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебное пособие

Утверждено учебно-методическим советом Сыктывкарского лесного института в качестве учебного пособия для студентов направлений бакалавриата 220200 «Автоматизация и управление», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 220400 «Управление в технических системах» и специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» всех форм обучения

Самостоятельное учебное электронное издание

Сыктывкар СЛИ 2013

Печатается по решению редакционно-издательского совета Сыктывкарского лесного института

Ответственный редактор: E. Ю. Сундуков, кандидат экономических наук, доцент

Секушин, Н. А.

С28 Автоматизированные системы управления в лесной промышленности [Электронный ресурс] : учебное пособие : самост. учеб. электрон. изд. / Н. А. Секушин ; Сыкт. лесн. ин-т. – Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – Режим доступа: http://lib.sfi.komi.com. – Загл. с экрана.

Издание содержит материал, необходимый для успешного освоения курса учебной дисциплины «Автоматизированные системы управления в лесной промышленности». В первой части пособия рассмотрены основные системы автоматизированного управления в лесной промышленности и целлюлозно-бумажном производстве. Во второй части даны рекомендации по выполнению курсового проекта.

Предназначено для студентов направлений бакалавриата 220200 «Автоматизация и управление», 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», 220400 «Управление в технических системах» и специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» всех форм обучения, преподавателей, практических работников.

УДК 681.5 ББК 32.965

Темплан 2013 г. Изл. № 4.

Самостоятельное учебное электронное издание

СЕКУШИН Николай Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Электронный формат – pdf. Объем 2,7 уч.-изд. л. Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ), 167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Заказ № 363.

© Секушин Н. А., 2013 © СЛИ, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЧАСТЬ 1. ОБЗОР ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ	
В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	5
1. Целлюлозно-бумажное производство	
1.1. Автоматизация производства древесной массы на дефибрерах	
1.2. Автоматизация производства целлюлозы в котлах периодического действия	
1.3. Автоматизация производства целлюлозы в аппаратах	
непрерывного действия типа «Камюр»	7
1.4. Автоматизация промывки целлюлозы	
1.5. Автоматизация отбелки целлюлозы	
1.6. Автоматизация щелочения целлюлозы	10
1.7. Автоматизация отбелки целлюлозы гипохлоритом	
1.8. Автоматизация промежуточной промывки целлюлозы в процессе ее отбелки	
1.9. Автоматизация производства бумаги	
1.10. Автоматизация сортирующего гидроразбивателя	13
1.11. Автоматизация процесса размола	15
1.12. Автоматизация составления композиции	
1.13. Автоматизация процесса напуска бумажной массы на сетку БДМ	
1.14. Автоматизация обезвоживания бумажного полотна	
1.15. Автоматизация обезвоживания бумажного полотна на прессах	
1.16. Автоматизация сушки бумажного полотна	
1.17. Автоматизация каландрирования полотна бумаги и картона	
1.18. Автоматизации выпаривания щелока	
1.19. Автоматизация сжигания черного щелока	
2. Автоматизация процессов очистки сточных вод	
2.1. Автоматизация механической очистки сточных вод	
2.2. Автоматизация химической очистки сточных вод	
2.3. Автоматизация биологической очистки сточных вод	
3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ	
3.1. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов от пылевых частиц	29
3.2. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов от вредных	20
газообразных компонентов	30
ЧАСТЬ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ	
ДИСЦИПЛИНЫ «АСУ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»	33
1. Контрольные вопросы и задания	
2. Методические рекомендации по подготовке к лабораторным работам	
ПО ДИСЦИПЛИНЕ	35
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ_КУРСОВОГО ПРОЕКТА	
по дисциплине	38
	4.0
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	40

ВВЕДЕНИЕ

Ниже рассмотрены АСУ следующих технологических процессов в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве.

- 1. Автоматизация производства древесной массы на дефибрерарах.
- 2. Автоматизация производства целлюлозы.
- 3. Автоматизация производства целлюлозы в аппаратах непрерывного действия типа «Камюр».
 - 4. Автоматизация промывки целлюлозы.
 - 5. Автоматизация отбелки целлюлозы.
 - 6. Автоматизация щелочения целлюлозы.
 - 7. Автоматизация отбелки целлюлозы гипохлоритом.
 - 8. Автоматизация промежуточной промывки целлюлозы.
 - 9. Автоматизация производства бумаги.
 - 10. Автоматизация сортирующего гидроразбивателя.
 - 11. Автоматизация процесса размола.
 - 12. Автоматизация составления композиции.
 - 13. Автоматизация процесса напуска бумажной массы на сетку БДМ.
 - 14. Автоматизация обезвоживания бумажного полотна на прессах.
 - 15. Автоматизация сушки бумажного полотна.
 - 16. Автоматизация каландрирования полотна бумаги и картона.
 - 17. Автоматизация процессов регенерации химикатов.
 - 18. Автоматизация выпаривания черного щелока.
 - 19. Автоматизация сжигания черного щелока.
 - 20. Автоматизация механической очистки сточных вод.
 - 21. Автоматизация химической очистки сточных вод.
 - 22. Автоматизация биологической очистки сточных вод.
 - 23. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов и пылевых частиц.
- 24. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов от вредных газо-образных компонентов.
 - 25. Автоматизация получения хлорофилина натрия.
- 26. Автоматизация хвойного лечебного экстракта в аппаратах непрерывного действия.
- 27. Автоматизация производства древесной витаминной зелени в агрегате ABM 0,65.
 - 28. Автоматизация производства и переработки эфирного масла-сырца.
 - 29. Автоматизация производства витаминной муки из древесной зелени.
 - 30. Автоматизация производства бальзамической пасты.
 - 31. Автоматизация производства пихтового масла на установке УНП-1.
 - 32. Автоматизация комплексной переработки древесной зелени.
- 33. Автоматизация одновременного производства пихтового масла и витаминной муки.
 - 34. Автоматизация производства подсучного феофетина.
 - 35. Автоматизация переработки еловой древесной зелени.

ЧАСТЬ 1. ОБЗОР ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

1.1. Автоматизация производства древесной массы на дефибрерах

На процессе отлива и формования, бумажного полотна большое влияние оказывает качество древесной массы: степень помола, фракционный состав, механические свойства и др. Основным агрегатом, вырабатывающим древесную массу, является дефибрер.

Схема автоматизации дефибрера непрерывного действия приведена на рис. 1, где 1-ACP температуры; 2-ACP зазора между камнем и шахтой дефибрера; 3-ACP мощности приводного электродвигателя; 4-ACK расхода оборотной воды; 5-ACK давления; 6,7-ACK температуры; 8-ACK концентрации.

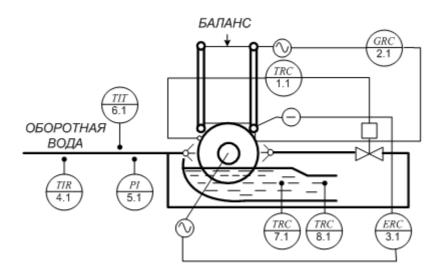


Рисунок 1 – Автоматизация дефибера непрерывного действия

ACP температуры массы на выходе из зоны дефибрирования (*nos*. 1) состоит из специального датчика, установленного в паровом пространстве над камнем, регулятора и регулирующего органа на трубопроводе спрысковой воды.

Зазор между камнем и шахтой дефибрера регулируется путем воздействия на электродвигатель привода шахты дефибрера (nos. 2). Регулирующим воздействием в ACP мощности (nos. 3) является скорость подачи древесины к камню дефибрера.

Схема автоматизации включает также следующие ACK: расхода (no3. 4); давления (no3. 5); температуры (no3.6); оборотной (спрысковой) воды; температуры массы в ванне (no3. 7); концентрации древесной массы на выходе (no3. 8).

1.2. Автоматизация производства целлюлозы в котлах периодического действия

При периодической варке целлюлозы используются варочные котлы с косвенным нагревом варочного раствора в теплообменниках.

Функциональная схема автоматизации с обозначениями приборов по ОСТ 36.27-77 приведена на рис. 2.

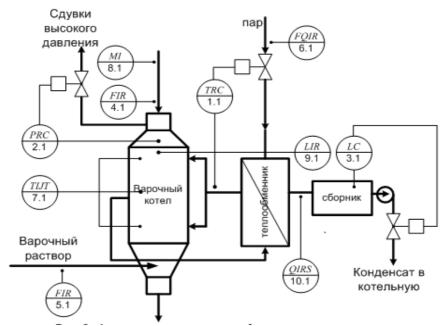


Рисунок 2 — Автоматизация производства целлюлозы в котле периодической варки с косвенным нагревом

Автоматизация периодической варки целлюлозы позволяет обеспечить заданные величины выхода целлюлозы из древесины, процента непровара, механической прочности целлюлозы.

Варочный процесс ведется по заданному температурному графику при помощи программной ACP (no3.1), датчик которой устанавливается на трубопроводе раствора после подогревателя (теплообменника), а регулирующий орган — на паропроводе к подогревателю.

В процессе нагревания из котла необходимо удалять воздух и неконденсировавшиеся газы. Для этой цели на сдувочной линии устанавливают регулирующий орган, с помощью которого регулируют давление в котле (nos. 2). В сборнике конденсата регулируется уровень путем воздействия на расход конденсата в котельную (nos. 3).

Для контроля процесса используются следующие АСК:

- расходов щепы (поз.4), варочного раствора (поз. 5) и пара (поз. 6);
- температуры по зонам котла (*nos*. 7);
- влажности щепы (поз. 8);
- уровня в котле (поз. 9);
- величины pH конденсата (no3. 10), служащей для контроля работы подогревателя.

1.3. Автоматизация производства целлюлозы в аппаратах непрерывного действия типа «Камюр»

Процесс варки-целлюлозы в аппарате «Камюр» (рис. 3) состоит из нескольких стадий обработки щепы паром и химикатами с использованием косвенного подогрева реакционной смеси. Пропарка щепы предназначена для удаления воздуха из нее и для ее подогрева и увлажнения.

Пропитка щепы, предназначена для предварительной подготовки щепы к варке и осуществляется варочным щелоком, при невысокой температуре. При движении щепы вниз по аппарату она нагревается до температуры варки. В конце процесса осуществляется охлаждение и частичная промывка целлюлозы.

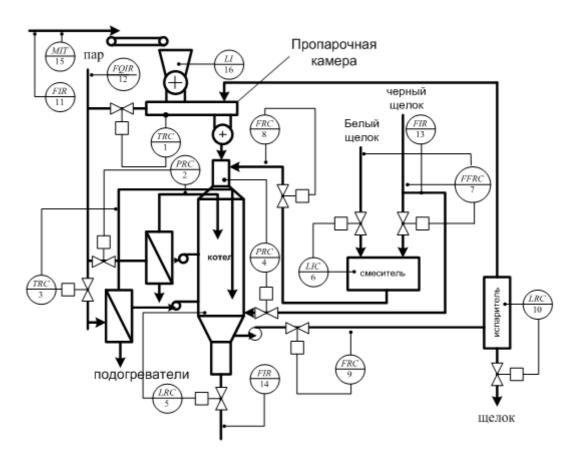


Рисунок 3 — Автоматизация аппарата непрерывного действия «Камюр»: 1, 4-ACP давления; 2, 3-ACP температуры; 5, 6, 10-ACP уровня; 7-ACP соотношения расходов; 8, 9-ACP расхода; 14-ACK расхода; 15-ACK влажности щепы; 16-ACK уровня

Щепа предварительно пропаривается в пропарочной камере, затем подается питателем высокого давления в варочный котел. Варочная зона котла разделяется на верхнюю и нижнюю ступени. В верхней ступени идет пропитка щепы варочным щелоком и варка, а в нижней — масса разбавляется черным щелоком, и охлаждается, после чего она подается через концентратор к выдувному резервуару.

В пропарочной камере регулируется давление путем изменения расхода свежего пара (nos.1). Температура по зонам варочного котла регулируется с помощью ACP, датчики которых расположены на трубопроводах щелока после подогревателей, а регулирующие органы — на паропроводах к подогревателям

(поз. 2, 3). Давление в котле регулируют изменением расхода черного щелока в нижнюю зону котла (поз. 4), а уровень – по выходу целлюлозы из котла (поз. 5). Дозировку белого щелока регулируют по уровню в смесительном баке (поз. 6), а черного – с помощью регулятора соотношения белого и черного щелоков (поз. 7). Необходимый гидромодуль варки устанавливают по расходу варочного щелока (поз. 8). Количество щелока, отбираемого в испаритель, регулируют с помощью АСР расхода (поз. 9), а уровень в испарителе – по расходу щелока (поз. 10).

Для контроля процесса варки используются следующие ACK:

- расходов щепы (*noз*. 11), пара (*noз*. 12), черного щелока в нижнюю зону котла (*noз*. 13) и целлюлозы на выходе (*nos*. 14);
 - влажности щепы (поз. 15);
 - уровня щепы в загрузочном бункере питателя низкого давления (поз. 16).

1.4. Автоматизация промывки целлюлозы

Промывка целлюлозы проводится обычно на вакуум-фильтрах. Схема автоматизации установки приведена на рис. 4.

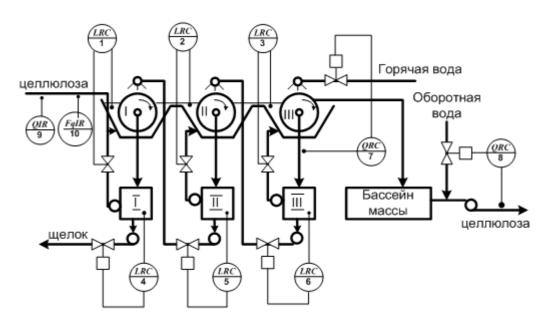


Рисунок 4 – Автоматизация промывки целлюлозы в вакуум-фильтрах

Промывка целлюлозы после варки предназначена для разделения целлюлозы и черного щелока. Целлюлоза поступает на 1-й вакуум-фильтр, а горячая спрысковая вода — на последнюю ступень промывки. Промывка производится по принципу противотока, фильтрат собирается в сборники и используется для промывки и разбавления целлюлозы. Крепкий щелок с 1-го вакуум-фильтра идет на выпарку, а целлюлоза с 3-го вакуум-фильтра — в бассейн целлюлозы и далее на отбелку. Расход целлюлозы на промывку регулируется в зависимости от уровня в ванне 1-го вакуум-фильтра (поз. 1). Уровни в ваннах последующих

вакуум-фильтров регулируются путем изменения расхода разбавляющей воды (nos. 2, 3). В сборниках фильтрата регулируются уровни с помощью \mathcal{ICP} (nos.4-6), управляющих расходом фильтрата из сборников на спрыски. На последней ступени промывки регулируется степень промывки целлюлозы с помощью \mathcal{ICP} , датчик которой (измеритель электропроводности) устанавливается на выходе фильтрата с вакуум-фильтра, а регулирующий клапан — на линии горячей воды (nos. 7). На выходе регулируется концентрация целлюлозы путем изменения расхода оборотной воды (nos. 6).

Контроль процесса промывки осуществляется с помощью следующих ACK:

- концентрации целлюлозы на входе (поз. 9);
- расхода целлюлозы на входе (поз. 10);
- уровня в сборнике целлюлозы (поз. 11).

1.5. Автоматизация отбелки целлюлозы

Отбелку целлюлозы проводят на многоступенчатых установках, в состав которых входят ступени хлорирования, гипохлоритной отбелки, отбелки двуокисью хлора, щелочения, кисловки и промежуточной промывки на вакуумфильтрах.

На рис. 5 приведена схема автоматизации ступени хлорирования целлюлозы.

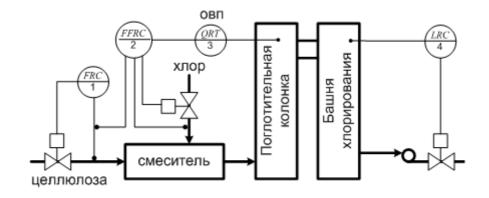


Рисунок 5 — Схема автоматизации хлорирования целлюлозы: 1-ACP расхода; 2-ACP соотношения; 3-ACP ОЗП; 4-ACP уровня

Производительность отбельной установки задается с помощью АСР расхода целлюлозы (nos. 1). Одним из основных параметров ступени хлорирования является степень делигнификации (жесткость) целлюлозы на выходе. Эта величина регулируется косвенно. Способ регулирования заключается в регулировании соотношения расходов целлюлозы и хлора (nos. 2) с коррекцией по окислительно-восстановительному потенциалу (СЗП) (nos. 3), измеряемому в верхней части поглотительной колонки. Для обеспечения постоянной продолжительности отбелки в башне хлорирования регулируется уровень (nos. 4) путем изменения расхода целлюлозы на выходе.

1.6. Автоматизация щелочения целлюлозы

При отбелке целлюлозы используются три вида обработки ее щелочью: щелочение, горячее облагораживание, холодное облагораживание. Щелочение — составная часть многоступенчатого процесса отбелки. После удаления щелочью хлорированного, окислившегося лигнина и других нецеллюлозных примесей, белизна целлюлозы повышается. Процесс щелочения — это стадия отбелки без сильного окисления и ослабления волокон (рис. 6).

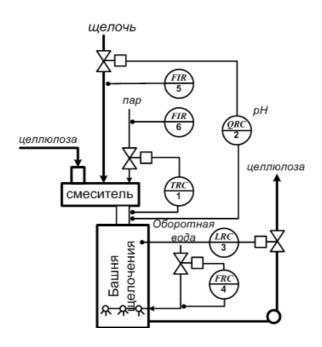


Рисунок 6 — Автоматизация щелочения целлюлозы: 1-ACP давления; $2-\mathcal{\Pi}CP$ величины pH; 3-ACP уровня; 4-ACP расхода; 5,6-ACK расхода

Основными регулируемыми параметрами процесса щелочения являются температура, расход щелочи и продолжительность щелочения. Температура регулируется изменением расхода пара в смеситель-подогреватель (поз. 1). Расход щелочи регулируется косвенно по величине рН щелока, отбираемого с помощью специального пробоотборника из-под смесителя (поз. 2). Стабилизация продолжительности щелочения обеспечивается ЛСР уровня (поз. 3), регулятор которой управляет регулирующей заслонкой на выходе. С целью стабилизации концентрации целлюлозы регулируется расход оборотной воды в зону разбавления (поз. 4). Для контроля процесса щелочения используются АСК расходов щелочи (поз. 5) и пара (поз. 6).

1.7. Автоматизация отбелки целлюлозы гипохлоритом

Качество целлюлозы после гипохлоритной отбелки зависит от температуры, расхода химикатов, продолжительности отбелки и концентрации целлюлозы рис. 7.

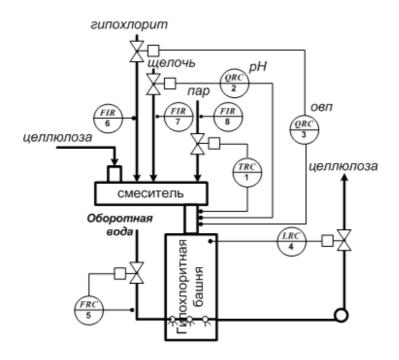


Рисунок 7 — Автоматизация отбелки целлюлозы хлорированием: $1 - \mathcal{I}CP$ температуры; 2 - ACP величина pH; 3 - ACP величины ОВП; 4 - ACP уровня; 5 - ACP расхода; 6, 7, 8 - ACK расхода

Регулирование температур проводится путем изменения расхода пара в смеситель-подогреватель (nos. 1). Дозировка химикатов проводится с помощью ACP косвенных параметров: величины pH (nos. 2) и $OB\Pi$ (nos. 3) щелока, отбираемого из-под смесителя с помощью, специального пробоотборника.

Продолжительность отбелки регулируется косвенно с помощью ACP уровня (nos. 4). Для стабилизации концентрации целлюлозы стабилизируют расход оборотной воды в зону разбавления башни (nos. 5). Такая схема регулирования обеспечивает постоянное качество целлюлозы, в первую очередь ее белизну, при постоянной производительности отбельной установки. При наличии возмущения по производительности схема усложняется: вместо ACP косвенных параметров (pH, OBII) необходимо применять ACP соотношения целлюлозы и химикатов с коррекцией по косвенным параметрам. Для контроля процесса отбелки целлюлозы гипохлоритом используются ACK расходов гипохлорита (nos. 6), щелочи (nos. 7) и пара (nos. 8). По аналогичной схеме автоматизируется отбелка целлюлозы двуокисью хлора.

1.8. Автоматизация промежуточной промывки целлюлозы в процессе ее отбелки

После каждой ступени отбелки целлюлоза промывается на вакуумфильтрах. Схема автоматизации вакуум-фильтра приведена на рис. 8.

При промывке целлюлозы регулируют уровень массы в ванне вакуумфильтра путем изменения скорости вращения барабана (*nos*. 1) и расход оборотной воды на спрыски (*nos*. 2).

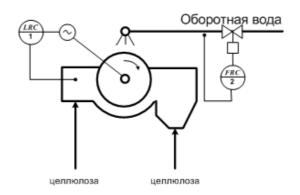


Рисунок 8 — Схема автоматизации промывки целлюлозы при отбелке: 1-ACP уровня; 2-ACP расхода

1.9. Автоматизация производства бумаги

Процесс производства бумаги состоит из подготовки бумажной массы к отливу и изготовления бумаги на бумагоделательной машине (БДМ). Подготовка бумажной массы в общем случае состоит из роспуска, полуфабриката, размола массы и составления композиции.

Автоматизация процесса роспуска. Процесс роспуска является непрерывно-дискретным технологическим процессом. Он может быть как чисто периодическим, так и непрерывно-дискретным.

Роспуск в гидроразбивателе периодического действия характеризуют следующие параметры: массовое количество сырья, сухость сырья, массовое количество оборотной воды, концентрация оборотной воды, время роспуска сырья, скорость вращения ротора, мощность, потребляемая из сети электроприводом ротора в процессе роспуска, концентрация в ванне гидроразбивателя, средний уровень в ванне, количество пучков нераспущенных волокон в единице объема распущенной массы.

Эти же параметры характеризуют, и непрерывный роспуск за исключением времени роспуска. Кроме того, при непрерывном роспуске вместо массовых количеств сырья и воды учитываются массовые расходы.

Одним из важнейших параметров, характеризующих процесс роспуска, а для периодического процесса в какой-то степени и окончание роспуска, является концентрация в ванне гидроразбивателя.

Существует система автоматического управления роспуском, которую можно применять для роспуска полуфабрикатов и брака с БДМ и КДМ. Суть этого способа управления заключается в том, что измеряют уровень в центре ванны (или по вертикали над краем роторного диска) и на периферии, и в зависимости от их разности изменяют расход сырья и корректируют расход оборотной воды рис. 9.

При работе гидроразбивателя в результате вращения массы и ванне образуется «воронка». Перепад уровней в ванне в центре и на периферии характеризует форму свободной поверхности «воронки». Форма свободной поверхности «воронки» или перепад уровней является более точным показателем концентрации.

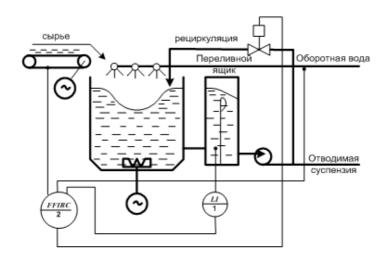


Рисунок 9 – Автоматизация процесса роспуска макулатуры

Известно, что качество роспуска сырья при постоянной скорости вращения ротора зависит от степени загрузки гидроразбивателя или концентрации в ванне. С увеличением загрузки гидроразбивателя перепад уровней уменьшается, а концентрация увеличивается. Здесь перепад уровней, т. е. концентрация, регулируется изменением расхода разбавляющей оборотной воды по пропорционально-интегральному закону, уровень в ванне регулируется изменением расхода отводимой и рециркуляционной массы по пропорциональному закону. Одновременно сигнал перепада уровней через позиционное регулирующее устройство и магнитный пускатель управляет включением и выключением электродвигателя привода транспортера подачи сырья. Таким образом, также обеспечивается отключение подачи сырья на роспуск при достижении минимально допускаемого перепада уровней (максимальной допускаемой концентрации в ванне).

В случае забивания сита и превышения уровня на периферии максимального значения другое позиционное регулирующее устройство отключает автоматику регулирования уровня и сигнализирует оператору об аварийном положении на объекте.

Управление процессом роспуска макулатуры, поступающей в кипах или россыпью, осуществляется по схеме, изображенной на рис. 9. Здесь измеряют массовые расходы сырья и оборотной воды, определяют их соотношение (noз. 2) и расход воды изменяют в зависимости от их соотношения и уровня в демпфере (переливном ящике) (noз. 1). Такая система управления позволяет повысить качество роспуска сырья, так как она обеспечивает заданную концентрацию при роспуске, косвенно определяемую по соотношению расходов сырья и воды.

1.10. Автоматизация сортирующего гидроразбивателя

Сортирующие гидроразбиватели предназначены для очистки и до роспуска суспензии после основного гидроразбивателя. Система автоматического управления сортирующим гидроразбивателем работает следующим образом (рис. 10).

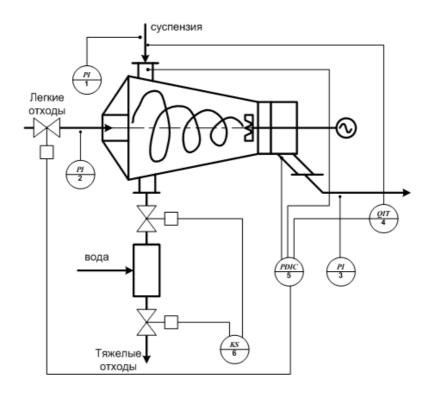


Рисунок 10 — Автоматизация сортирующего гидроразбивателя: $1, 2, 3 - \mathcal{I}CK$ давления; 4 - ACK концентраций; 5 - ACP перепада давлений; 6 - AC управления выпуском тяжелых отходов

Измеряется разность давления ΔP между входом суспензии и выходом очищенной суспензии за ситом, измеряется концентрация волокнистой суспензии на входе (nos. 4) и выпуск легких отходов регулируется (изменяется) (nos. 5) в зависимости от отклонений этих параметров от заданных значений . При достижении определенного значения ΔP_{max} позиционный регулятор срабатывает и открывает заслонку на легких отходах. При снижении ΔP до ΔP_{min} заслонка закрывается.

При увеличении концентрации относительно заданный корректирующий сигнал на регулирующем блоке уменьшается и соответственно при уменьшении концентрации увеличивается. В этом случае также уменьшается или увеличивается сигнал на выходе сумматора при постоянной разности давлений. Эта коррекция вводится в систему для того, чтобы скомпенсировать изменение разности давлений при изменении концентрации на входе при неизменном количестве легких отходов, т.к. например при увеличении концентрации суспензии на входе увеличивается гидравлическое сопротивление при прохождении через сито и разность давлений ΔP увеличивается. Тяжелые отходы удаляются с помощью реле времени, управляющего открытием и закрытием исполнительных механизмов (nos. 6). Эта система управления обеспечивает повышение степени очистки макулатурной массы от загрязнений и уменьшает потери хорошего волокна с отходами.

1.11. Автоматизация процесса размола

Размол, являющийся важнейшим этапом подготовки массы для БДМ или КДМ, производится на дисковых или конических мельницах.

Для обеспечения стабильности качества массы (суспензии) после размола существуют следующие ACP размольных аппаратов:

- по мощности приводного электродвигателя;
- мощности приводного электродвигателя с коррекцией по расходу суспензии;
 - удельному расходу энергии с коррекцией по расходу суспензии;
- удельному расходу энергии с коррекцией по степени помола после размола;
- мощности приводного электродвигателя с коррекцией по перепаду температур суспензии на входе и выходе;
 - перепаду pH на входе и выходе;
 - зазору между ножами размалывающей гарнитуры;
 - степени помола суспензии на выходе;
 - разности температур суспензии на входе и выходе;
 - удельному давлению, действующему на размалывающую гарнитуру.

Наиболее распространенная схема автоматизации размола представлена на рис. 11.

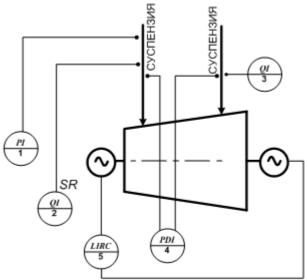


Рисунок 11 - Cхема автоматизации размола: 1 - ACK расхода; 2 - ACK концентрации; 3 - ACK степени помола; 4 - ACK перепада давлений; 5 - ACP мощности

При управлении работой группой мельниц основным является, стабилизация показателей размола массы на выходе каждой из мельниц и автоматическое изменение режима работы регуляторов мощности при изменении расхода массы через поток непрерывного размола.

1.12. Автоматизация составления композиции

Одним из важнейших процессов при подготовке бумажной массы к отливу на БДМ является составление композиции (рис. 12).

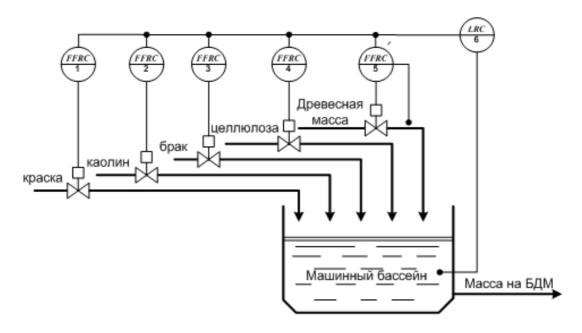


Рисунок 12 — Схема автоматизации составления композиции бумажной массы: 1-5-ACP расхода; 6-ACP уровня

Схема построена по каскадному принципу. *ACP* расхода компонентов (*nos*.1–5) представляют локальные стабилизирующие контуры, а регулятор уровня массы в машинном бассейне (*nos*. 6), воздействуя, через блоки соотношения, входящие в состав регуляторов расходов, создает корректирующий контур. Применяются и другие схемы автоматизации составления композиции бумажной массы.

1.13. Автоматизация процесса напуска бумажной массы на сетку БДМ

Напуск массы на сетку БДМ производится с помощью напускных устройств (напорных ящиков) закрытого и открытого типов.

На рис. 13 представлены схемы автоматизации напорного ящика закрытого типа для $\mathcal{B}\mathcal{I}M$.

В напорном ящике закрытого типа регулирует уровень массы изменением расхода ее в напорный ящик (no3. 1) и давления воздушной подушки воздействием на расход сжатого воздуха (no3. 2) (рис. 13a).

На *рис*. 136 приведена схема автоматизации, отличающаяся, большей устойчивостью и более высоким качеством регулирования по сравнении со схемой, представленной на *рис*. 13a. Здесь регулирование уровня массы в напорном ящике осуществляется, воздействуя на расход сжатого воздуха (*nos*. 1), а расход массы в

напорный ящик изменяется в зависимости от общего напора (*nos*. 2). В напорных ящиках открытого типа регулируется только уровень массы.

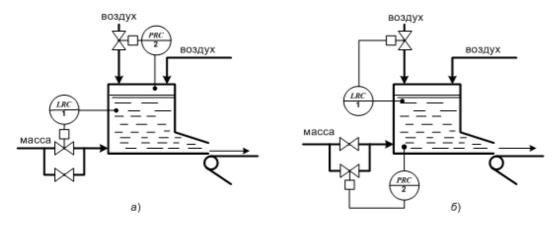


Рисунок 13 — Автоматизация напуска бумажной массы напорным ящиком на сетку БДМ: 1-ACP уровня; 2-ACP давления

1.14. Автоматизация обезвоживания бумажного полотна

Обезвоживание бумажного полотна производится на отсасывающих ящиках и прессах.

Одним ив важнейших факторов процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках является обеспечение заданного вакуума в отсасывающих ящиках (рис. 14).

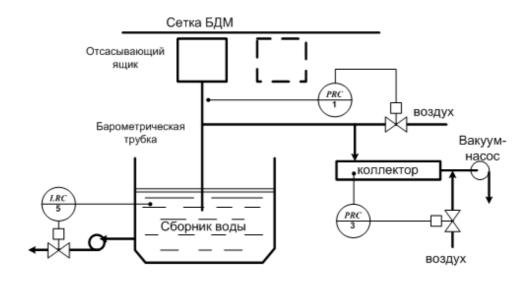


Рисунок 14 — Автоматизация обезвоживания бумажного полотна: 1 - ACP вакуума; 2 - ACP уровня

Основным регулируемым параметром является вакуум в отсасывающих ящиках и коллекторе. Регулирование вакуума, производится по методу ухудшения вакуума путем, изменения расхода воздуха из атмосферы (*nos*. 1). Кроме того, регулируется уровень в сборнике оборотной воды (*nos*. 2)

1.15. Автоматизация обезвоживания бумажного полотна на прессах

Процесс прессования является одним из основных этапов механического обезвоживания бумажного или картонного полотна. Здесь обезвоживание полотна происходит как на обычных прессах, так и на отсасывающих. Эффективность процесса обезвоживания зависит от состояния сукна и валов, которое стабилизируется с помощью соответствующих автоматических систем (рис. 15).

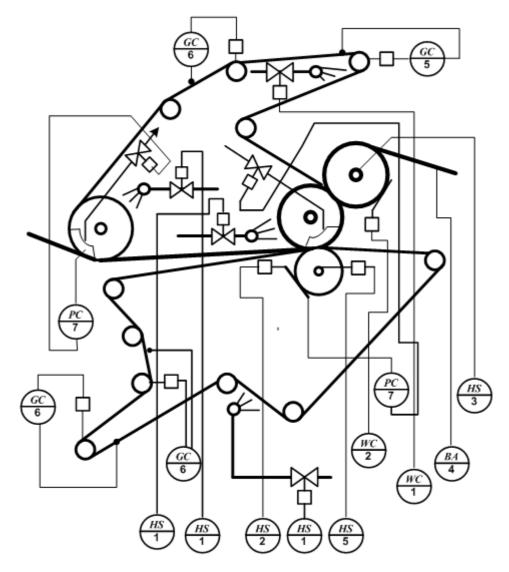


Рисунок 15 — Автоматизация обезвоживания бумажной массы: B — вода на спрыски; KBH — отсасывающие линии к вакуум-насосу; Π — бумажное или картонное полотно; $B\Pi B$ — вакуум-пересасывающий вал; $1-C\mathcal{D}V$ (система дистанционного управления) работой спрысков; $2-C\mathcal{D}V$ положением шаберов; $3-C\mathcal{D}V$ прижимом и вылечиванием валов; 4-ACC (автоматическая система сигнализации) обрыва полотна; 5-ACP натяжения сукна; 6-ACP положения сукна; 7-ACP вакуума в камерах отсасывающих валов

В случае применения, на БДМ турбовоздуходувок для создания вакуума отсасывающие ящики и отсасывающие валы разбиваются на группы в зависимости от величины вакуума, и каждая группа подключается к соответствующей ступени турбовоздуходувки.

1.16. Автоматизация сушки бумажного полотна

Основная цель автоматизации сушки бумажного полотна в сушильной части *БДМ* состоит в регулировании температурного режима сушки и получении бумаги оптимальной и равномерной влажности (рис. 16).

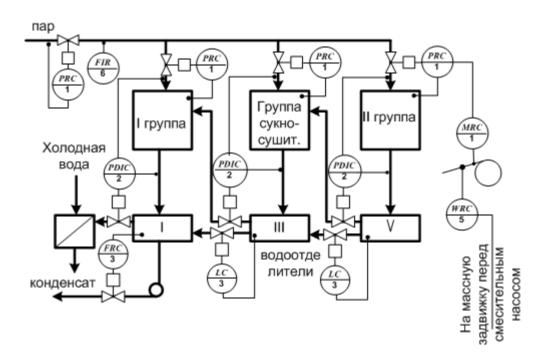


Рисунок 16 — Автоматизация контактной сушки бумажного полотна: 1-ACP давления; 2-ACP перепада давления; 3-ACP уровня; 4-ACP влажности; 5-ACP массы 1 м²; 6-ACK расхода

Работа систем управления контактной сушки должна быть согласована с решением основной задачи, которая заключается в обеспечении наиболее низкого соотношения расхода пара и количества удаленной воды из полотна бумати. Все сушильные цилиндры разбиваются на несколько групп, чтобы между паровыми коллекторами, а также между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы был соответствующий перепад давления. Основными регулируемыми параметрами являются: давление пара, перепад давления, уровни в водоотделителях, влажность и масса $1 \, m^2$ бумаги.

Давление пара в коллекторе каждой сушильной группы и в главном паровом коллекторе регулируется с помощью локальных *ACP* (*nos*. 1). Перепад давления между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы регулируется изменением расхода пара, перепускаемого из водоот-делителей (*nos*. 2). В водоотделителях регулируются уровни конденсата (*nos*. 3).

Регулирование влажности бумаги производится по каскадной схеме: выход с регулятора влажности (nos. 4) используется в качестве задания регулятору давления пара в основной сушильной группе (III). Масса $1m^2$ бумаги регулируется (nos. 5) путем изменения расхода бумажной массы перед смесительным насосом. Общий расход пара на сушку контролируется ACK расхода (nos. 6).

1.17. Автоматизация каландрирования полотна бумаги и картона

Для отделки различных видов бумаги и картона применяют каландры и суперкаландры (рис. 17). При каландрировании бумага подвергается давлению, трению, тепловому воздействию и увлажнению.

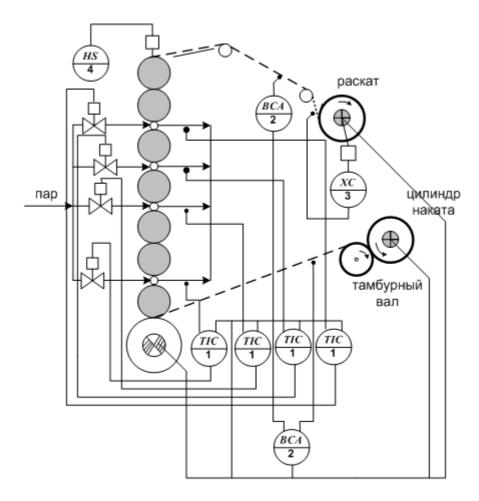


Рисунок 17 — Схема автоматизации суперколандирования бумажного полотна: 1-ACP температуры металлических валов; 2-ACCF (автоматическая система сигнализации и блокировки) обрыва полотка и блокировки узлов суперкаландра; 3-CDV дополнительным прижимом валов; 4-ACP натяжения полотна на раскате

Машинный каландр устанавливается между сушильной частью и накатом, предназначен для разглаживания бумаги и придания ей гладкости. Для уплотнения влажной бумаги и придания ей гладкости в середине сушильной части или перед последней сушильной группой устанавливается мокрый (полусухой) каландр. Для уплотнения картона предназначен уплотнительный каландр, состоящий из двух валов (ведомого и ведущего), обогреваемых паром или горячей водой. Известны и другие машинные каландры.

Вследствие того, что машинное каландрирование не обеспечивает достаточно высокие гладкость и лоск, большинство писчих видов бумаги и бумаги для печати, а также многие технические виды бумаги и картона подвергаются суперкландрированию вне БДМ или КДМ.

Машинные каландры оснащаются $C \mathcal{D} \mathcal{Y}$ подъема валов, дополнительного прижима и ACP температуры обогреваемых или охлаждаемых металлических валов и ACC обрыва полотна. Суперкаландры снабжены дополнительно $C \mathcal{D} \mathcal{Y}$ раскатом, накатным устройством, подъемниками и другими механизмами, ACP натяжения полотна на раскате, ACC обрыва полотна на раскате и накате и связанными с ней автоматическими системами блокировки узлов (рис. 1.17).По сигналу ACC обрыва срабатывают тормозные системы на раскате, накате и батарее валов, системы механизма прижима и быстрого разведения валов. Подача пара в валы автоматически прекращается при обрывах полотна и аварийных остановах. Для регулирования натяжения полотна на раскате применяют дисковые пневматические тормоза с датчиками натяжения.

Для обеспечения определенной заданной температуры валов независимо от периодичности работы суперкаландра и других факторов, в последнее время применяют тепловые станции с использованием различных теплоносителей (воды, перегретой воды, пара и перегретого масла).

Например, управление температурой валов, обогреваемых тепловой станцией с водяным обогревом, производится следующим образом. Насос через холодильник и нагреватель подает определенное количество воды в валы суперкаландра. Фактическую температуру воды, измеренную термометром сопротивления, терморегулятор сравнивает с заданной и выдает сигналы регулирующим клапаном, установленным у нагревателя и холодильника. Регулирующие клапаны для пара и воды плавно регулируют поступление теплоносителей, и в систему вводится или отводится из нее такое количество тепла, которое необходимо для обеспечения оптимального теплового режима каландровых валов.

1.18. Автоматизации выпаривания щелока

Выпарная станция состоит из теплообменных выпарных корпусов. свежий греющий пар подается в межтрубное пространство первого выпарного аппарата. Остальные последовательно включенные выпарные аппараты обогреваются вторичным или соковым паром предыдущих аппаратов.

На рис. 18. приведена схема автоматизации процесса выпаривания черного щелока в многокорпусной выпарной станции. Для упрощения схемы третий и четвертый корпуса не показаны.

Входными переменными процесса выпаривания черного щелока в выпарной станции является: температура, плотность и количество подаваемого в выпарку слабого черного щелока, а также расход пара на выпаривание. Выходными переменными процесса являются: плотность упаренного щелока, производительность выпарной станции по испаренной воде, вакуум после последнего выпарного корпуса. Слабый щелок подается к корпусам из бака слабого щелока. Нагрузка на корпуса устанавливается с помощью *АСР* расхода щелока (*nos.* 1–3).

Плотность упаренного щелока регулируется косвенно, по величине температурной депрессии. Под депрессией понимается превышение температуры кипения выпариваемого щелока по отношению к температуре выделяющегося из

него вторичного пара. Измеритель плотности состоит из электронного автоматического моста, измеряющего разность температур, двух термометров сопротивления, из которых один установлен на линии упаренного щелока, а второй — на линии паров вскипания этого щелока. *АСР* плотности щелока построена по каскадному принципу: выход регулятора плотности (*nos*. 4) используется в качестве задания регулятору давления греющего пара (*nos*. 5).

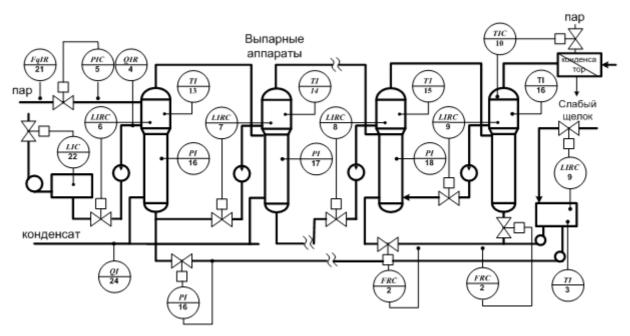


Рисунок 18 – Схема автоматизации выпаривания щелока

Важное значение имеет регулирование уровня щелока в выпарных аппаратах (*поз*. 6–9). При высоком уровне щелока возрастает гидростатическое давление, возможны загрязнения конденсата щелоком и его потери в результате переброса вместе с вторичным паром в последующий выпарной аппарат. Автоматически регулируется вакуум в последнем выпарном аппарате (*поз*.10) воздействием на расход охлаждающей воды, подаваемой в конденсатор вторичного пара. Регулируются уровни в баках слабого и упаренного щелоков (*поз*. 11, 12).

Контролируется температура (*no*3. 13–16) и давление (*no*3. 17–19) в выпарных корпусах, температура слабого щелока (*no*3. 20), расход греющего пара (*no*3. 21) и упаренного щелока (*no*3. 22).

Конденсат от первого и второго корпусов используется для питания паровых котлов. Для предупреждения попадания щелока в конденсат устанавливают сигнализатор загрязненности конденсата (*nos*. 23).

1.19. Автоматизация сжигания черного щелока

Из выпарной установки черный щелок поступает на сжигание в содорегенерационный котел (*CPK*). Черный щелок, содержащий 52–56 % сухих веществ в подогретом состоянии, насосом через форсунки подают на сжигание в топку. Основные контролируемые и регулируемые параметры приведены на схеме

(рис. 19). *СРК* является энерготехнологическим агрегатом, предназначенным для сжигания черного щелока и получения пара.

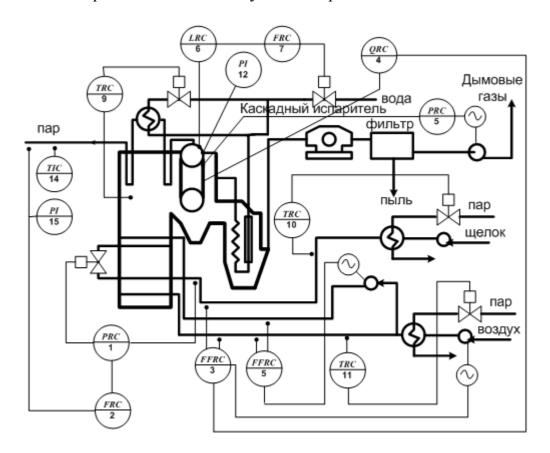


Рисунок 19 – Схема автоматизации сжигания черного щелока

Входными переменными процесса сжигания упаренного щелока в *СРК* является: количество, влажность, зольность, температура плавления золы, количество летучих веществ, количество добавляемого сульфата для восполнения потерь серы, соотношение первичный воздух — вторичный воздух по отношению к абсолютно сухим веществам, температура в топке и др.

Выходными переменного процесса являются сульфидность плава, количество щелочи в плаве, коэффициент избытка воздуха при сжигании щелока, количество и параметры пара.

Задачей автоматического регулирования *СРК* является поддержание такого соотношения между количествами топлива, воздуха и воды, подаваемых в котел, при котором в любой момент времени паропроводительность агрегата соответствовала бы нагрузке, т. е. количеству пара, отбираемому потребителем. При этом необходимо поддерживать давление и температуру пара на оптимальных значениях.

В общем случае в котлах автоматическое регулирование процесса горения осуществляется тремя контурами регулирования: контуром регулирования давления пара и нагрузки котла, контуром регулирования экономичности сжигания топлива и контуром регулирования разрежения в топке котла.

Регулирование расхода сжигаемого черного щелока осуществляется с помощью *ACP* (*nos.* 1), которая стабилизирует давление в трубопроводе перед

форсунками. Регулятор нагрузки (поз. 2) изменяет подачу топлива в соответствии с изменением расхода пара из котла.

Экономичность процесса горения регулируется по соотношению расходов топлива (щелока) и воздуха (noз. 3) с коррекцией по содержанию кислорода в дымовых газах (noз. 4). Расход вторичного воздуха регулируется с помощью ACP (noз. 5) соотношения расходов первичного и вторичного воздуха путем воздействия на направляющие аппараты вентилятора вторичного воздуха.

Положение уровня воды в барабане котла зависит от небаланса между притоком воды и расходом пара, изменения паросодержания пароводяной смеси циркуляционного контура и парообразования в экономайзере. Уровень в барабане регулируется по каскадной схеме: выход регулятора уровня (no3. 6) используется в качестве задания контуру регулирования расхода воды (no3. 7). Разрежение в топке котла регулируется с помощью ACP (no3. 8) путем воздействия на направляющие аппараты дымососа. В пароперегревателе регулируется температура перегретого пара (no3. 9) изменением расхода пароводяной смеси в циркуляционном контуре. В подогревателях регулируется температура щелока (no3. 10) и воздуха (no3. 11).Контролируются и сигнализируются давление в барабане котла (no3. 12), давление (no3. 13) и температура (no3. 14) пара.

В СРК предусматриваются следующие блокировки:

- а) при аварийном отключении всех работающих дымососов должны отключаться дутьевые вентиляторы, насосы подачи основного и вспомогательного топлива;
- б) при повышении или понижении давления вспомогательного топлива выше или ниже предельных величин должна отключаться подача вспомогательного топлива;
- в) при аварийном отключении всех работающих дутьевых вентиляторов должна прекращаться подача основного и вспомогательного топлива;
- г) при отключении транспортной системы электрофильтров должно отключаться напряжение с камер электрофильтров;
- д) при погасании факела вспомогательного топлива должна отключаться подача вспомогательного топлива.

На щите управления СРК устанавливается сигнализация:

- предельно допустимых уровней воды в барабане котла;
- понижения давления питательной воды;
- повышения температуры перегретого пара;
- понижения плотности черного щелока;
- повышения концентрации зеленого щелока;
- прекращения поступления воды на охлаждение леток;
- повышения температуры масла в подшипниках дымососов и вентиляторов;
- понижения давления первичного и вторичного воздуха;
- понижения давления вспомогательного топлива;
- остановки транспортной системы электрофильтров;
- повышения температуры воды, идущей на охлаждение леток.

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Различают внутрицеховые методы очистки сточных вод и методы очистки общего стока. Далее рассматриваются вопросы автоматизации процессов очистки сточных вод общего стока.

Для обеспечения требуемых показателей сточные воды общего стока подвергаются механической, биологической и химической очистке на специальных очистных сооружениях (рис. 20).

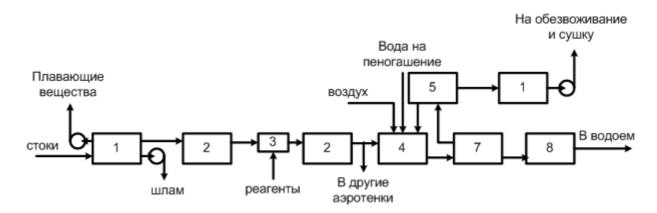


Рисунок 20 – Схема очистки сточных вод:

1 – первичный отстойник; 2 – усреднитель; 3 – смеситель; 4 – аэротенк; 5 – иловый канал; 6 – илонакопитель; 7 – вторичный отстойник; 8 – химическая очистка

Сточные воды сначала поступают на первичные отстойники, предназначенные для удаления из сточных вод взвешенных и плавающих веществ. Затем в смесителях и усреднителях, производится нейтрализация сточных вод и сглаживание pH. Биологическая очистка сточных вод осуществляется в аэротенках, в которых стоки обрабатываются активным илом при непрерывной аэрации для снижения содержания в них органических соединений и увеличения количества растворенного кислорода. Подача воздуха в аэротенки производится с помощью воздуходувной станции. Избыточный ил собирается в илона-копителях и далее направляется на обезвоживание и сушку.

Во вторичных отстойниках происходит осаждение ила, и осветление очищенной воды. Для более глубокой очистки воду после вторичных отстойников обрабатывают глиноземом и полиакриламидом и пропускают через песочные фильтры.

Основная задача в области очистки сточных вод заключается в разработке новых и максимальном повышении эффективности существующих методов очистки, снижающих себестоимость обработки воды и увеличивающих объемы воды в системах замкнутого водоснабжения.

Одним ив путей достижения этой цели является автоматическое управление процессами очистки сточных вод.

2.1. Автоматизация механической очистки сточных вод

Для нормальной работы ступени биологической очистки сточных вод их необходимо очистить от взвешенных веществ. Для этой цели стоки пропускают черев первичные отстойники, являющиеся сооружениями механической очистки сточных вод. Эти отстойники снабжены илоскребами и автоматическими устройствами (желобами) для сбора плавающих веществ.

Основные контролируемые и регулируемые параметры показаны на схеме (рис. 21).

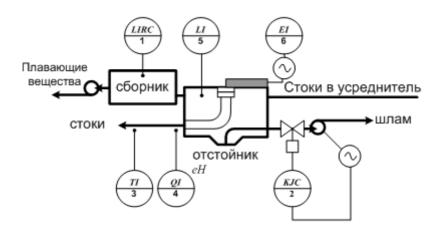


Рисунок 21 — Схема механической очистки сточных вод: 1 - ACP уровня; 2 - ACP удаления шлама; 3 - ACK температуры; 4 - ACK ОВП; 5 - ACK уровня; 6 - ACK мощности

Для контроля за работой первичных отстойников требуется измерять и сигнализировать момент на валу ферм илоскребов, а также сигнализировать уровень ила. Для этого измеряют предельную нагрузку приводных двигателей ферм (nos. 6). Для сигнализации уровня используют фотоэлектрические сигнализаторы СУФ-42 или СУ-101 (nos. 5). По мере накопления осадка по сигналу от КЭП, ил откачивается специальным насосом (nos. 2). Плавающие вещества удаляются автоматически через специальный карман, который при передвижении фермы на определенное время механически погружается ниже уровня воды в отстойнике. По мере накопления в сборнике, плавающие вещества откачиваются (nos. 1). Контролируются также температура (nos. 3) и OBП (nos. 4) поступающих стоков.

2.2. Автоматизация химической очистки сточных вод

Химическая очистка сточных вод производится в усреднителях и ершовых смесителях. Схема автоматизации приведена на рис. 22.

Важнейшим параметром, подлежащим контролю и регулированию в усреднителях, является величина pH стоков, колебания которой достигает $\pm 3pH$. Нормальная же жизнедеятельность микроорганизмов активного ила, являю-

щаяся основой биологической очистки, возможна при pH = 6,0-7,5. Кислые стоки нейтрализуют известковым молоком, а щелочные — серной кислотой. Дозировку реагентов осуществляют с помощью ACP величины pH (no3. 3). Необходимо измерять температуру стоков (no3. 5), так как при температуре ниже 7— 8 °C биологическая очистка прекращается. Для измерения температуры применяют термосопротивления.

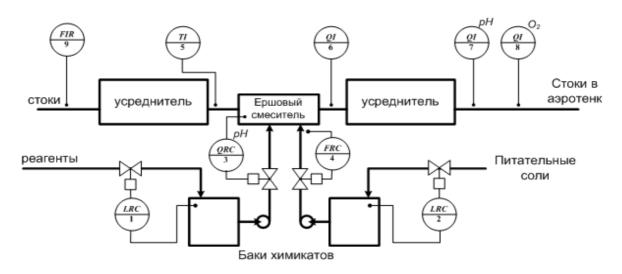


Рисунок 22 — Схема автоматической очистки сточных вод в усреднителях и ершовом смесителе: 1, 2 — *ACP* уровня; 3 — *ACP* рH; 4 — *ACP* расхода; 5 — *ACK* температуры; 6 — *ACK* ОВП; 7 — *ACK* рH; 8 — *ACK* концентрации растворенного кислорода; 9 — *ACK* расхода

Питательные соли (растворы суперфосфата, сульфата аммония или аммиачная вода) добавляют в сточную воду перед аэротенком для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов. Расход питательных солей устанавливают с помощью *ACP* расхода (*nos.* 4) по соотношению с расходом стоков. Для измерения расхода питательных солей применяют ротаметры или электромагнитные расходомеры.

Уровни в баках химикатов регулируются с помощью ACP (nos. 1, 2) по расходу химикатов в баки.

Контролируются также $OB\Pi$ стоков после смесителя (nos. 6), pH и концентрация растворенного кислорода перед аэротенками (nos. 7, 8).

2.3. Автоматизация биологической очистки сточных вод

Схема автоматизации биологической очистки сточных вод приведена на рис. 23. Основным сооружением биологической очистки сточных вод является аэротенк.

Для поддержания заданного режима биологической очистки в аэротенках необходимо измерять расход воды, ила и воздуха (*nos*. 1-4). Расход воды через водослив определяется высотой уровня воды над порогом водослива; этот уровень измеряется с помощью пьезометрической трубки.

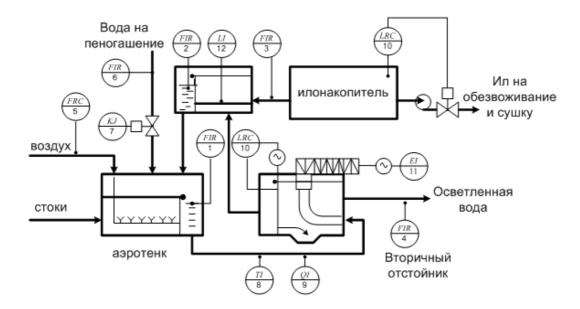


Рисунок 23 — Схема автоматизации очистки сточных вод в аэротенке и вторичном отстойнике: 1-6-ACK расхода; 7-ACP подачи воды на непогашение; 8-ACK температуры; 9-ACK ОВП; 10-ACP уровня; 11-ACK нагрузки; 12-ACK уровня

Для контроля за расходом воздуха, подаваемого на аэрацию в каналы аэротенков, устанавливают расходомеры, например, диафрагмы (no3. 5). Для гашения пены, образующейся при работе аэротенков, подается вода, расход которой измеряется с помощью диафрагмы (no3. 6). Вода может подаваться периодически по мере накопления пены с помощью командного прибора (no3. 7). Контролируются также температура (no3. 8) и $OB\Pi$ (no3. 9) иловой смеси из аэротенка.

Иловая смесь из аэротенков поступает во вторичные отстойники, предназначенные для осветления воды. Важнейшим параметром является уровень ила, так как при повышении уровня ила возрастает его унос с водой, а при снижении уровня — снижается концентрация ила, возвращаемого в аэротенки. Для этой цели используют ACP уровня ила (nos. 10), основанную на регулировании высоты переливного порога (шандора) на линии выпуска ила из отстойника.

В качестве датчика уровня ила используют фотореле, например, СУФ-42, опускаемое на тросе в отстойник на определенную глубину.

Кроме регулирования уровня ила, предусмотрено измерение нагрузки привода фермы (*nos*. 11) и сигнализация перегрузки привода.

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Промышленные выбросы, загрязняющие атмосферу, могут содержать твердые и жидкие частицы, вредные газообразные компоненты.

Процессы очистки выбросов от твердых или жидких частиц основаны на свойствах аэрозолей (пыли, дыма, тумана), закономерностях их движения и осаждения. Изучение процессов очистки выбросов от газовых компонентов связано с теорией массообмена, которая рассматривает условия равновесия фаз и закономерности поглощения газовых компонентов.

3.1. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов от пылевых частиц

Для очистки газопылевых выбросов от пыли используются пылеулавливающие аппараты следующих типов: сухие, фильтрующие, мокрые и электростатические. Схему автоматизации этого процесса рассмотрим на примере мокрой очистки газов (рис. 24).

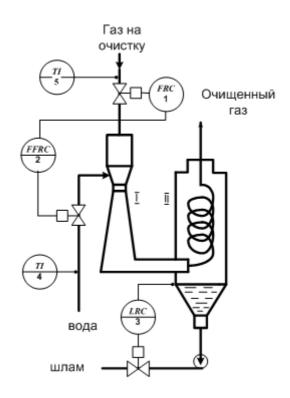


Рисунок 24 – Схема автоматизации очистки газопылевых выбросов в турбулентном аппарате Вентури:

I — труба Вентури; II — циклон-каплеуловитель; 1 - ACP расхода; 2 - ACP соотношения расходов; 3 - ACP уровня; 4 - 5 - ACK температуры; 6 - ACK степени очистки газа

Мокрые пылеулавливающие аппараты в зависимости от состояния поверхности осаждения разделяются на три типа. К первому типу относятся насадочные скрубберы, мокрые циклоны и др. В этих аппаратах поверхностью осаждения служит пленка жидкости, специально создаваемая на их внутренних стенках, насадке и т.д. Частицы пыли, осаждаемые на пленке жидкости, выводятся из газового потока. Ко второму типу относятся Барботажные и пенные аппараты, в которых осаждение происходит на поверхности пузырьков, образованных при движении газов через слой жидкости. К третьему типу относятся полые скрубберы, скрубберы Вентури (турбулентные аппараты Вентури — TAB), струйные газопромыватели (эжекторные скрубберы или струйные аппараты) и т.д. В аппаратах этого типа поверхностью осаждения служат капли орошающей жидкости, распыленной в объеме аппарата.

Эффективность работы мокрых пылеулавливающих аппаратов зависит от следующих основных факторов: конструкции аппарата, характеристик пылевых

частиц, скорости потока газов, температуры газов и орошающей жидкости, удельного расхода орошающей жидкости.

В качестве примера рассмотрим схему автоматизации очистки газопылевых выбросов от пыли (рис. 1.24). Турбулентный аппарат Вентури состоит из трубы Вентури (I) и циклона-каплеуловителя (II). Труба Вентури имеет три составные части: конфузор, горловину, диффузор.

Струи орошающей жидкости, впрыскиваемой в объем конфузора, испытывают воздействие газового потока, который имеет более высокую скорость на входе в горловину. ввиду значительной разности между скоростями движения газа и жидкости, струи жидкости дробятся на капли. Вследствие высоких относительных скоростей происходит интенсивное столкновение пылевых частиц с каплями под действием сил инерции и улавливание частиц каплями. Капли отделяются от потока газов в циклоне-каплеуловителе под действием центробежных сил.

Основными регулируемыми параметрами являются скорость газа и удельный расход орошающей жидкости. Скорость газа определяет нагрузку *TAB* и регулируется с помощью *ACP* расхода газа на входе в аппарат (*nos*. 1). Дозировка орошающей жидкости (воды) осуществляется в зависимости от расхода газа с помощью *ACP* соотношения расходов (*nos*. 2). Регулируется уровень жидкости в каплеуловителе путем изменения расхода жидкости на выходе (*nos*. 3). Контролируются температура газа и орошающей жидкости (*nos*. 4–5), а также концентрация пыли (степень очистки) (*nos*. 6).

3.2. Автоматизация процессов очистки газовых выбросов от вредных газообразных компонентов

Для очистки промышленных газовых выбросов от вредных газообразных компонентов используют различные методы: абсорбцию, адсорбцию, химическое превращение вредных газообразных компонентов в безвредные соединения.

Абсорбция представляет собой процесс поглощения газов жидким поглотителем.

Адсорбция – процесс поглощения газа поверхностью твердого пористого вещества.

Химическое превращение вредных газообразных компонентов в безвредное соединение проводится обычно окислением кислородом воздуха или хлором.

Автоматизацию этого процесса рассмотрим на примере очистки газовых выбросов в абсорберах. Абсорбция относится к масоообменным процессам. Массообмен в абсорбционных аппаратах происходит на границе раздела фаз. По характеру поверхности раздела абсорберы классифицируются следующим образом:

1. Поверхностные (пленочные) абсорберы. Поверхностью раздела фаз является либо зеркало жидкости, либо поверхность текущей пленки жидкости, образующейся на различного рода насадках.

- 2. Барботажные абсорберы. Поверхность раздела фаз образуется во время движения газа сквозь жидкость.
- 3. Капельные абсорберы. Поверхность раздела фаз образуется распылением жидкости в движущемся газе на мелкие капли.

В качестве примера рассмотрим схему автоматизации процесса очистки газовых выбросов в насадочном абсорбере (рис. 25).

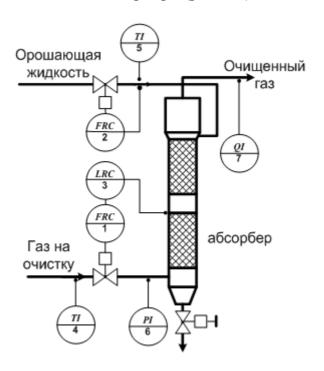


Рисунок 25 — Схема автоматизации очистки газовых выбросов в насадочном абсорбере: 1-2-ACP расхода; 3-ACP уровня; 4-5-ACK температуры; 6-ACK давления; 7-ACK степени очистки газа

Насадочные абсорберы представляют собой колонны, заполненные насадкой. Жидкость, в основному виде пленки стекает под действием силы тяжести по поверхности насадки и соприкасается с газом, движущимся снизу вверх. При одновременном движении газа и жидкости противотоком наблюдаются четыре режима в зависимости от скоростей газа и жидкости. Первый режим — пленочный — наблюдается при сравнительно небольших скоростях газа и жидкости. Гидравлическое сопротивление: зависит только от скорости газа пропорционально квадрату скорости и не зависит от плотности орошения.

Второй режим – режим подвисания. При этом толщина пленки и количество удерживающей жидкости увеличиваются. Гидравлическое сопротивление зависит от скорости газа (пропорционально четвертой и пятой степени скорости) и расхода жидкости на орошение. Третий режим – захлебывание и барботаж. В этом случае жидкость накапливается в насадке, а газ начинает барботировать через жидкость. Гидравлическое сопротивление резко возрастает. Режим захлебывания соответствует максимальной – эффективности насадочного абсорбера, так как поверхность соприкосновения фаз определяется не поверхностью насадки, а условиями барботажа. Режим барботажа неустойчив:

при небольших колебаниях расхода газа он переходит во второй или четвертый режим, характеризующиеся меньшей интенсивностью массопередачи.

Четвертый режим – унос, наступает при увеличении скорости газа выше скорости, соответствующей режиму захлебывания. При этом жидкость выносится из аппарата в виде брызг вместе с газом, орошение насадки ухудшается.

Следовательно, основными регулируемыми параметрами в насадочных абсорберах являются скорости газа и орошающей жидкости. Эти параметры регулируются с помощью *ACP* расхода (*nos*. 1–2). Расход газа на очистку регулируется по каскадной схеме: задание регулятору расхода выдает регулятор уровня (*nos*. 3). Такая схема позволяет стабилизировать работу абсорбера в заданном режиме, например, в режиме барботажа. В принципе возможно регулирование уровня по выходу орошающей жидкости из абсорбера.

Контролируются также температура газа (no3. 4) и жидкости (no3. 5), давление газа, поступающего на очистку (no3. 6) и степень очистки газа (no3. 7).

Адсорберы периодического действия работают по циклу: адсорбция – десорбция (регенерация). Их автоматизация сводится к регулированию расхода газа и контролю основных параметров процесса (температура, давление, степень очистки газа).

Адсорбер непрерывного действия представляет собой колонну, в которой сверху вниз под действием силы тяжести движется адсорбент. Он проходит зоны охлаждения водой, поглощения, нагрева паром и десорбции.

Основными регулируемыми параметрами являются температура и расход газа. Нагрузка на адсорбер устанавливается с помощью ACP расхода газа. Температура по зонам адсорбера регулируется изменением расхода пара и воды. Во избежание прорыва газа через нижнюю зону адсорбера регулируется уровень адсорбента в гидрозатворе. Контролируется расход воды, газа и пара, а также степень очистки газа и перепад давления на адсорбере.

ЧАСТЬ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «АСУ В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

1. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, контроль знаний по данной теме с помощью нижеперечислебнных вопросов и заданий.

Наименование	
темы	Контрольные вопросы и задания
1	2
1. Датчики, их	1. Приведите примеры датчиков температуры.
назначение и	2. Основные физические принципы, лежащие в основе температурных
классификация	датчиков?
	3. Каким образом осуществляется преобразование давления в электрический сигнал?
	4. Как устроены расходомеры электропроводящих жидкостей?
	5. Каким способом измеряются температуры в несколько тысяч градусов?
	6. Каким образом осуществляется регистрация световых потоков?
	7. Что такое тензодатчики и где они применяются?
	8. Как можно преобразовать перемещение исполнительного устройства
	в электрический сигнал?
	9. Как измеряется угловая скорость вращения вала?
	10. Что может служить датчиком электрического тока?
	11. Что такое тахогенератор?
	12. Каким способом можно регистрировать угол поворота в системах ав-
	томатики?
2. Исполни-	1. Почему двигатели постоянного тока наиболее часто используются в
тельные меха-	АСУ ТП?
низмы	2. В чем трудности использования в системах автоматики асинхронных двигателей?
	3. Каким образом можно осуществить регулирование скорости враще-
	ния асинхронного двигателя?
	4. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?
	5. Каким способом можно наиболее быстро затормозить вращение
	асинхронного двигателя.
	6. Чем отличается гидроусилитель силы от гидроусилителя мощности?
	7. Как устроен «гидромотор»? Приведите примеры этих устройств.
3. Элементы и	1. Назовите логические элементы вентильного типа?
узлы цифровой	2. С помощью какого логического элемента производится проверка на
автоматики	четность?
	3. С помощью какого логического элемента производится проверка на
	нечетность?
	4. Как устроены RS-триггеры на элементах И-НЕ, ИЛИ-НЕ, реле?
	5. Что такое дешифратор?
	6. Чем различаются мультиплексоры, демультиплексоры, коммутаторы?
	7. Что такое регистр? Из каких триггеров их собирают?
	8. Что такое счетчик? Из каких триггеров их собирают?

1	2
	9. Какие физические принципы используются для создания ПЗУ?
	10. Как осуществляется суммирование двоичных чисел?
4. Микропро-	1. Что такое АЛУ?
цессоры и мик-	2. Каково назначение программного счетчика?
ро-ЭВМ	3. Что такое «регистры общего назначения»?
	4. Какие виды шин и какой разрядности используются в современных
	компьютерах?
	5. Как реализуются ПИД регуляторы в микропроцессорных системах?
5. Автоматиче-	1. Какие виды реле используются в технических средствах автоматики?
ское регулиро-	2. Что такое статическая характеристика?
вание и управ-	3. Как определяются значения коэффициентов усиления по статическим
ление	характеристикам элементов?
	4. В каких случаях применяют метод пассивного эксперимента для оп-
	ределения динамических характеристик систем управления?
	5. Чем отличается реле от магнитного пускателя?
	6. Что такое передаточная функция линейной системы?
	7. Как связаны между собой переходная характеристика и весовая
	функция?
	8. Как по передаточной функции системы управления определить ее
	частотные характеристики.
	9. Как работает телевизионный измеритель кубатуры поступающих на
	предприятие лесоматериалов?
6. Автоматизи-	1. Приведите общие характеристики систем автоматики лесозаготови-
рованные сис-	тельных машин?
темы много-	2. Опишите систему гидроавтоматики сучкорезной машины.
операционных	3. Как осуществляется автоматизация гидроманипулятора?
лесозаготови-	4. В чем преимущества гидросистем по сравнению с электроприводом?
тельных ма-	5. Какие системы управления называются структурно-неустойчивыми?
шин.	Приведите пример структурно-неустойчивой системы.
	6. Что такое установившаяся ошибка, чем она отличается от динамиче-
	ской ошибки?
7. Автоматиза-	1. Каким способом осуществляется контроль грузоподъемности?
ция штабеле-	2. Для чего предназначены корректирующие устройства?
вочно-	3. В чем состоит основная задача систем управления грузозахватными
погрузочных	механизмами?
работ	4. Каковы достоинства и недостатки различных лесотранспортных сис-
	тем – канатные системы, крановые установки, транспортеры?
8. Автоматизи-	1. Приведите классификацию раскряжевочных установок?
рованные уста-	2. Как осуществляется регулирование скорости подающего транспортера?
новки по рас-	3. Как осуществляется регулирование скорости надвигания пильного
кряжевке хлы-	аппарата?
стов, принци-	4. Какими способами осуществляется удаление коры с древесины?
пиальные схе-	5. В чем особенности АСУ удаления отходов деревообработки?
МЫ	6. Как происходит удаление опилок? Какие противопожарные меры не-
	обходимо при этом соблюдать?
9. Автоматиза-	1. По каким характеристикам производится сортировка пиломатериалов?
ция сортировки	2. Что такое «математическая модель бревна»?
круглых лесо-	3. Что представляет собой локальная система сортировки?
материалов	

1	2
	4. Перечислите основные особенности синхро-следящих сортировочных устройств?
	5. Какие преимущества дает компьютерная телеметрия при сортировке круглых лесоматериалов?
	6. Каким образом могут быть обнаружены внутренние дефекты древе-
	сины.
	Изобразите функциональную схему автоматического ультразвукового
	дефектоскопа.
10. Автомати-	1. Что такое автокубатурник?
зация учета	2. Какие преимущества дает компьютерная телеметрия при учете круг-
круглых лесо-	лых лесоматериалов?
материалов	3. Как работают автоматические системы маркировки круглых лесоматериалов?
	4. В чем недостатки силометрического способа учета объемов древесины?
	5. Какую форму бревна считают наиболее оптимальной при расчете ку-
	батуры?
	6. Каким способом можно измерить объем древесины с максимальной
	точностью?

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Согласно учебному плану по специальности на проведение лабораторных работ отводится 50 часов по очной и 12 часов по заочной формам обучения.

Самостоятельная работа студентов при подготовке к лабораторным работам, оформлению отчетов и защите лабораторных работ включает проработку и анализ теоретического материала, описание проделанной экспериментальной работы с приложением графиков, таблиц, расчетов, а также самоконтроль знаний по теме лабораторной работы с помощью нижеперечисленных вопросов и заданий.

Лабораторная работа № 1. Определение передаточной функции теплотехнического объекта по его разгонной характеристике

- 1. Запишите формулу и изобразите график переходной функции апериодического звена 1-го порядка.
- 2. Запишите формулу и изобразите график переходной функции апериодического звена 2-го порядка.
- 3. Запишите формулу и изобразите график переходной функции колебательного звена.
- 4. Запишите формулу и изобразите график переходной функции звена чистого запаздывания.

Лабораторная работа № 2. Исследование статических и динамических свойств датчиков температуры.

- 1. Что такое термопара?
- 2. Какие виды термосопротивлений используются в автоматике?
- 3. Перечислите виды позиционных датчиков температуры.
- 4. Как исследовать динамические свойства датчиков температуры?
- 5. Что представляет собой градуировочная кривая датчика температуры?

Лабораторная работа № 3. Изучение датчиков давления и датчиковреле давления

- 1. Чем отличается датчик давления от реле давления?
- 2. Какие виды датчиков давления используются в автоматике?
- 3. Перечислите виды позиционных датчиков давления.
- 4. Как исследовать динамические свойства датчиков давления?
- 5. Что представляет собой градуировочная кривая датчика давления?

Лабораторная работа № 4. Изучение логических элементов автоматики

- 1. Как собрать схему логического блока, если известна формула, связывающая выходной сигнал с входными?
 - 2. Что такое преобразования Де Моргана?
 - 3. Как собрать логический блок на элементах «И-НЕ»?
 - 4. Как собрать логический блок на элементах «ИЛИ-НЕ»?
 - 5. Разработайте схему дешифратора на элементах «И-НЕ».

Лабораторная работа № 5. Исследование качества работы САУ на ЭВМ по ее структурной схеме

- 1. Какие программные продукты используются для этой цели?
- 2. Кратко охарактеризуйте программный пакет System View.
- 3. Кратко охарактеризуйте программный пакет Lab View.
- 4. Кратко охарактеризуйте программный пакет Matcad.
- 5. Как преобразовать систему уравнений в структурную схему?
- 6. Как осуществляется моделирование нелинейных элементов релейного типа?

Лабораторная работа № 6. Моделирование системы управления на логических элементах типа И-НЕ

- 1. Как преобразовать таблицу истинности логического блока в логическую формулу?
 - 2. Представления логических функций в форме СНДФ и СНКФ.
 - 3. Что такое преобразования Де Моргана?
 - 4. Как собрать логический блок на элементах «И-НЕ»?
 - 5. Как собрать логический блок на элементах «ИЛИ-НЕ»?
 - 6. Разработайте схему дешифратора на элементах «И-НЕ»?

Лабораторная работа № 7. Исследование автоколебательного режима нелинейных систем автоматики

- 1. Изобразите схемы мультивибраторов на элементах И-НЕ и ИЛИ-НЕ и объясните их работу.
- 2. Что такое «триггер Шмидта» и какова его простейшая схема на инверторах?
- 3. Изобразите схемы мультивибраторов на триггере Шмидта и объясните его работу.
- 4. Что такое ждущий мультивибратора и какова его простейшая схема на элементах «И-НЕ»?

Лабораторная работа № 8. Моделирование нелинейных узлов САУ

- 1. Какие нелинейные элементы имеются в программном пакете System View?
- 2. Как осуществляется моделирование нелинейных элементов типа триггера Шмидта?
- 3. Как осуществляется моделирование нелинейных элементов типа «сухого трения»?
- 4. Что такое ждущий мультивибратор и как его смоделировать в программном пакете «System View»?

Лабораторная работа № 9. Изучение интегратора и дифференциатора на операционном усилителе

- 1. Изобразите схему интегратора и объясните его работу.
- 2. Изобразите схему дифференциатора и объясните его работу.
- 3. Какой сдвиг фазы дает интегратор?
- 4. Какой сдвиг фазы дает дифференциатор?
- 5. Каким способом можно оценить ошибку дифференцирования?
- 6. В какие звенья превращаются интеграторы и дифференциаторы при их замыкании?

Лабораторная работа № 10. Изучение триггеров, счетчиков и регистров

- 1. Сборка RS-триггера и D-триггера на элементах И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
- 2. Изобразите схемы делителей частоты и регистров и объясните их работу.
- 3. Что такое счетный триггер?
- 4. Что формируется на выходе счетчика?
- 5. Как построить RS-триггер на магнитном пускателе?

Лабораторная работа № 11. Изучение устройств отображения цифровой информации

- 1. Как устроены вакуумные люминесцентные индикаторы?
- 2. Как устроены светодиодные индикаторы?
- 3. Что такое динамическая индикация?
- 4. Изобразите схему дешифратора в виде диодной матрицы, преобразующего 2/10 код в код 7-сегментного индикатора.

Лабораторная работа № 12. Расчет и сборка колебательного звена на операционных усилителях

- 1. Изобразите схему сумматора на операционных усилителях и объясните его работу.
- 2. Изобразите схему интегрирующего сумматора на операционных усилителях и объясните его работу.
- 3. Изобразите схему апериодического звена 1-го порядка на операционных усилителях и объясните его работу.
- 4. Изобразите схему инвертора на операционных усилителях и объясните его работу.
- 5. Изобразите схему колебательного звена на операционных усилителях и объясните назначение каждого элемента.
- 6. Какой элемент схемы колебательного звена необходимо изменить, что-бы превратить его в апериодическое звено 2-го порядка?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Рекомендуемые темы курсовых проектов

- 1. Анализ динамических свойств гидроавтоматики сучкорезной машины ЛП-33.
- 2. Анализ динамических свойств гидроавтоматики челюстного погрузчика леса ПЛ-2.
 - 3. АСУ гидроманипуляторами.
- 4. Анализ динамических свойств гидроавтоматики валочно-пакетирующей машины ЛП-19А.
 - 5. АСУ погрузочно-разгрузочных работ.
 - 6. АСУ раскряжевочной установки ЛО-15С.
 - 7. Проектирование АСУ многопильными раскряжевочными установками.
 - 8. Проектирование локальной системы сортировки древесины.
- 9. Проектирование микропроцессорной централизованной сортирующей системы.
- 10. Проектирование автоматической системы маркировки круглых лесоматериалов.
 - 11. Оптимизация переработки круглых лесоматериалов на доски и брус.
- 12. Принципы создания автокубатурников на основе микропроцессорной техники.
 - 13. Автоматизация измерителей диаметра бревен.
 - 14. Проектирование АСУ лесоперевалочной базой.
- 15. Автоматическая система регулирования скорости протаскивания деревьев лесосечных сучкорезных машин.

Исходные данные по темам курсовых проектов

Все темы курсовых проектов достаточно подробно освещены в учебном пособии: Петровский В. С., Харитонов В. В. Автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 472 с.

Существуют также более ранние издания

- 2. Петровский В. С. Автоматическая оптимизация раскроя древесных стволов. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 183 с.
- 3. Петровский В. С., Харитонов В. В. Автоматика и автоматизация производственных процессов лесопромышленных предприятий. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 240 с.

Дополнительна информация может быть найдена в литературных источниках, приведенных в конце пособия, и в Интернете. Ниже приведен список ключевых слов:

автоматизация, автоматическая система, датчики температуры, датчики давления, гидравлика, исполнительные механизмы, лесопереработка, лесозаготовка, лесная промышленность, валочно-пакетирующие машины, сортировка, системы видеонаблюдения, телеметрические системы, диспетчеризация, scada-системы, trace mode, водоснабжение, газоснабжение, электроэнергетика.

Информация также может быть получена на действующих лесоперерабатывающих и лесозаготовительных предприятиях за счет изучения работающего оборудования и технической документации.

Задачи курсового проекта

- 1. Изучение технологического оборудования лесопромышленных предприятий.
- 2. Проектирование автоматической системы управления данным оборудованием.
 - 3. Построение математической модели технологического процесса.
 - 4. Оценка качества АСУ ТП по расчетным разгонным кривым.
 - 5. Прогнозирование динамических свойств автоматической системы.
 - 6. Оценка запаса устойчивости АСУ.
- 7. Улучшение качественных показателей за счет введения корректирующих устройств и регуляторов.
 - 8. Оценка надежности разрабатываемой системы.
 - 9. Технико-экономическое обоснование проекта.

Порядок оформления чертежей и пояснительной записки

Начинать работу по курсовому проектированию рекомендуется с построения чертежей (2 шт. формата A1), которые можно выполнить на компьютере, используя программные пакеты «Компас» или «AUTOCAD».

«Пояснительная записка» оформляется в последнюю очередь. В ней подробно описывается расчетно-графический материал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная учебная литература

1. Петровский, В. С. Автоматизация технологических процессов и производств лесопромышленного комплекса [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (лесотехническая отрасль)» направления подготовки «Автоматизированные технологии и производства» / В. С. Петровский; Издательство «Лань» (ЭБС). — Воронеж: ВГЛТА, 2011. — 400 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/4069/.

Дополнительная учебная, учебно-методическая литература

- 1. *Анисимов*, Д. Н. Надежность систем автоматизации [Текст]: учеб. пособие по курсу «Надежность систем автоматизации» для студ., обучающихся по спец. «Управление и информатика в технических системах» / Д. Н. Анисимов; М-во образования Рос. Федерации, Моск. энерг. ин-т. (техн. ун-т.). Москва: МЭИ, 2003. 96 с.
- 2. Деменков, Н. П. SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП [Текст] : учеб. пособие / Н. П. Деменков ; Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана. Москва : МГТУ им. Баумана, 2004. 328 с.
- 3. Конюх, В. Л. Проектирование автоматизированных систем производства [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. Л. Конюх; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). Москва: Абрис, 2012. 310 с. Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/117638/.
- 4. Петровский, В. С. Автоматизация технологических процессов и производств в деревообрабатывающей отрасли [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (лесотехническая отрасль)» направления подготовки «Автоматизированные технологии и производства» / В. С. Петровский, А. Д. Данилов; Издательство «Лань» (ЭБС). Воронеж: ВГЛТА, 2010. 432 с. Режим доступа: http://e.lanbook.com/view/book/4068/.
- 5. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс] : учебник / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). Москва : Абрис, 2012. 565 с. Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/117523/.
- 6. Федоров, Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие / Ю. Н. Федоров; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). Москва: Инфра-Инженерия, 2008. 928 с. Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/70501/.

Дополнительная литература

1. Автоматизация в промышленности [Текст] : научно-технический, производственный журнал / Университет новых информационных технологий управления при ФГБУН, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН,

ООО Издательский дом «ИнфоАвтоматизация». – Москва : ИнфоАвтоматизация. – ВАК, РИНЦ. – Выходит ежемесячно.

```
2010. - N_{\Omega} 1-12;
2011. - N_{\Omega} 1-12;
2012. - N_{\Omega} 1-12.
```

- 2. АСУ на промышленном предприятии: методы создания [Текст] : справочник / С. Б. Михалев [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 400 с.
- 3. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий [Текст] / под ред. Э. В. Цешковского. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Лесн. пром-сть, 1989. 368 с.
- 4. Технология и оборудование лесозаготовительного, деревообрабатывающего и целлюлозно-бумажного производства [Текст] : реферативный журнал : отдельный выпуск. Выходит ежемесячно.

```
2004. - N_{0} 1-12;

2005. - N_{0} 1-12;

2006. - N_{0} 1-12;

2007. - N_{0} 1-12;

2008. - N_{0} 1-12;

2009. - N_{0} 1-3, 6, 4/5;

2010. - N_{0} 1-6.
```