Содержание Стр.

Введение …… 4

1. Анализ конструктивных особенностей сушильного оборудования с целью определения объекта исследований энергосберегающих режимов ……..... 8

1.1 Конвективные сушилки ……..... 8

1.2 Сушка в псевдоожиженном или кипящем слое……... 11

1.3 Высокочастотная (ВЧ) сушка волокнистых материалов…...….. 15

1.4 Сушка инфракрасными лучами…… 21

1.5 Технологические требования к хлопковым сушилкам и их классификация. Устройство и принцип работы……. 22

Выводы …… 27

2. Теоретические основы процесса сушки хлопка-сырца …….. 28

2.1 Элементы теории процесса сушки хлопка – сырца ……..... 28

2.2 Основные технологические аспекты процесса сушки волокнистого продукта (хлопка-сырца)…… 31

2.3 Разработка, исследование и проектирование усовершенствованного способа управления процессом сушки хлопка-сырца….. 46

2.4 Разработка структуры и выбор функциональных элементов для управляемого электротехнического комплекса сушки волокнистого материала…… … 57

Выводы 63

……

3. Применение интеллектуальных систем и технологий для управления технологическими объектами производства сушки волокнистого материала……..... 64

3.1 Краткий обзор исследований по нечеткой логике, нейронным сетям и генетическим алгоритмам……. 64

3.2 Применение нечеткого регулятора в асинхронном электроприводе сушильного аппарата с параметрическим управлением……. 73

3.3 Проектирование УЭТК процесса сушки хлопка-сырца…….. 77

Выводы

……. 90

Заключение

…… 91

Список литературы

…… 92

Приложение

…… 97

ВВЕДЕНИЕ

Хлопчатник – многолетнее растение, принадлежит к ботаническому роду госсипиум, семейству мальвовых. Из 35 видов хлопчатника промышленное применение имеют четыре вида рода госсипиум: хирзутум (мексиканский), (рисунок 1) барбадензе (перуанский), арбареум (индокитайский) и хербацеум (афро-азиатский). Наиболее распространены в среднеазиатском регионе первые два вида, известные как средневолокнистые и тонковолокнистые разновидности.

Каждый вид хлопчатника имеет большое количество селекционных сортов. Селекционный сорт хлопчатника – это группа растений, обладающих устойчивой наследственностью, имеющих общее происхождение, одинаковые морфологические и хозяйственные признаки.



Рисунок 1 - Вид хлопчатника госсипиум хирзутум

У нас в Республике Таджикистан выращивают два вида: госсипиум хирзутум, госсипиум барбадензе.

Технология сушки влажных материалов, в частности термообработки хлопка-сырца, требует создания эффективных ресурсосберегающих и энергосберегающих, экологически безопасных устройств. Для этого необходимо разработать новые теплообразователи, имеющие ряд преимуществ перед ранее известными. Они должны обладать возможностью регулирования температуры сушильного агента с комплексом устройств, работающих с экологически чистым теплоносителем. Решение данной проблемы, является актуальной задачей.

Сушка влажных материалов не только тепловой-технический процесс, но и является технологическим процессом, в котором изменяются свойства сырца, в частности улучшаются его природные свойства. Процесс сушки является взаимосвязанным и одновременно происходящими комплексным процессом, который вмещает в себя теплопередачу материалу от сушильного агента и передачу влажности обратно сушильному агенту, т. е. влага материалов в результате теплообмена перемещается в направлении, противоположном потоку влажного тепла.

В этой связи возникла существенная необходимость подробно изучить работу барабанных сушилок с целью установления влияния факторов на проис-

ходящий в них процесс и на основе этого определить дальнейшие пути повышения эффективности сушки.

Рост производства текстильной продукции и разнообразие сырья требуют автоматизации процессов ее приготовления, повышения эффективности эксплуатации оборудования, разработки научно – обоснованных методов выбора оптимальных параметров технологических процессов и скоростных режимов узлов и механизмов. Методы решения указанных задач и их реализация путем управления скоростными режимами должны учитывать ряд особенностей используемого технологического оборудования. Условия жесткой стабилизации технологических параметров в процессе сушки волокнистого материала предъявляют к системам автоматического регулирования (САР) высокие требования в отношении поддержания заданных скоростных режимов и качественных показателей волокнистого материала.

Для обеспечения высокого уровня надежности функционирования сложных динамических объектов технологического оборудования ставится задача совершенствования систем управления путем разработки новых подходов, в том числе основанных на методах искусственного интеллекта и принципах адаптивного управления.

Необходимым условием поддержания процесса сушки на оптимальном уровне является непрерывный контроль параметров и свойств высушиваемого полуфабриката или изделия. Этот контроль эффективен в случае когда учитывает все воздействующие на процесс условия (температура, влажность, давление) и свойства материала т.е. проводится непрерывно и комплексно.

Установление общих закономерностей связывающих физико-механические свойства материалов и изделий из них со способами и условиями сушки, позволяет определить оптимальные условия этого процесса для получения полуфабрикатов с заданными свойствами при минимальных затратах материальных и энергетических ресурсов.

До настоящего времени недостаточно полно изучены динамические свойства сложных электромеханических систем технологического оборудования для производства волокнистых материалов и влияние на них рабочих органов, непосредственно управляемых регулируемым электроприводом. В должной мере не использованы современные методы и технологии для разработки и исследования сложных управляемых электротехнических комплексов. Не разработаны научно обоснованные критерии и методы оптимизации скоростных режимов сложных электротехнических комплексов. Не сформулированы в полной мере требования к многодвигательному электроприводу, не выявлена его оптимальная структура.

Учитывая, что многие из перечисленных вопросов недостаточно полно изучены или совсем не рассмотрены в научных трудах, их решение представляет теоретический и практический интерес. Можно считать разработку эффективных способов управления сложными динамическими объектами технологического оборудования перспективной задачей.

Методы проектирования и исследования современных систем управления отличаются от методов проектирования и исследования, известных в классической теории управления. Поэтому применение современных методов и технологий для управления сложными динамическими объектами требует разработки методики, базирующейся на применении конкретных технологий, таких как искусственные нейронные сети, нечеткая логика, учитывающих особенности технологического оборудования.

1. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЬЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ

Влажно-тепловая обработка занимает существенное место в технологическом процессе производства волокнистых материалов.

В результате удаления влаги, механические и физико-химические свойства волокнистых материалов изменяются, уплотняется их структура, уменьшается площадь, сужаются капилляры.

Установление общих закономерностей связывающих физико-механические свойства материалов и изделий из них со способами и условиями сушки, позволяет определить оптимальные условия этого процесса для получения полуфабрикатов с заданными свойствами при минимальных затратах материальных и энергетических ресурсов.

Необходимым условием поддержания процесса сушки на оптимальном уровне является непрерывный контроль параметров и свойств высушиваемого полуфабриката или изделия. Этот контроль эффективен в случае когда учитывает все воздействующие на процесс условия (температура, влажность, давление) и свойства материала т.е. проводится непрерывно и комплексно [1].

1.1.КОНВЕКТИВНЫЕ СУШИЛКИ

К достоинству конвективного способа сушки можно отнести простоту конструкции и невысокую стоимость оборудования, к недостаткам-высокий удельный расход тепла, сравнительно низкую интенсивность тепломасообмена между сушильным агентом и поверхностью высушиваемого материала, а следовательно, повышенную длительность процесса. [2]

При конвективной сушке тепло к высушиваемому материалу передается конвекцией, в качестве сушильного агента используется нагретый воздух, топочные газы, перегретые пары растворителя. Самым распространённым и эффективным из них является нагретый воздух. При сушке воздухом, нагретый теплоноситель выводится из сушилки и выбрасывается в атмосферу или частично возвращается в сушильное пространство, в то время как при сушке перегретым паром он практически не выводится из установки, циркулируя в ней, а тепло удаляемого растворителя используется на частичную компенсацию потерь. Объёмная теплоемкость водяного пара выше объемной теплоемкости воздуха примерно на 20%. Наличие кислорода в воздухе ведет к окислению и далее-возгоранию материала, а в перегретых парах растворителя это исключено. Перегретые пары обеспечивают более высокую температуру сушки, удельный расход тепла при этом понижается на 20-25% по сравнению с сушкой в воздухе, длительность сушки сокращается на 10-15%. Однако, конструкция сушилок с перегретым паром более сложная и дорогостоящая.

На интенсивность конвективного способа сушки оказывают влияние скорость, температура и влажность сушильного агента. Изменение скорости газа

ускоряет процесс сушки благодаря увеличению как количества тепла, передаваемого конвекцией, так и движущей силы процесса, выражающейся разностью парциальных давлений паров влаги у поверхности высушиваемого волокнистого материала и в воздухе окружающего пространства.

Увеличение скорости теплоносителя требует значительных расходов теплоносителя от 15-30%. Кроме того, увеличение скорости газа целесообразно в зоне первого периода сушки. В зоне вторичного периода повышения скорости теплоносителя не дает значительного увеличения интенсивности сушки. Технические характеристики конвективных сушилок, наиболее широко используемых для сушки пряжи в паковках, приведен в таблице 1 [3].

Таблица 1 - Технические характеристики конвективных сушилок

Параметры машин	СКД-500-1 1971 г.в.	СКД-6 1987 г.в.	«Хисака» Япония	СКБ-6 1971 г.в.	ТК-100/1
1	2	3	4	5	6
Производительность, кг/ч	192	202	167	125-130	132
Загрузка, кг	500	525	370	820	100-125
Коэффициент автоматизации	0,63	0,75	-	0,32	0,71
Испарительный снос, кг/ч	344	225,3	-	-	-
Установленная мощность токоприемников пер. тока, кВт	254	164	160	120	80
Занимаемая площадь	33,75	19,3	31	37,72	-
Производительность на ед. занимаемой площади, кг ч/м^2	5,7	10,3	3,55	-	-
Масса аппарата, кг	28600	19000	18000	15850	5600
Показатели экономичности использования сырья, материалов топлива, энергии.					
Потребление электричества кВт/ч	142	141,3	139	87	-
Пара, кг/ч	784	720,7	1250	500	-
Воды, м^3/ч	42	38	35	31	-
Сжатого воздуха, м^3/ч	-	61,4	-	-	-
Удельное потребление: эл. энергии, кВт/ч/100 кг	71	69,96	80	43	52
Пара, кг/100 кг	392	356,8	665	250	185
Воды м^3/100 кг	21	18,8	18,63	15	-

Сж. воздуха, $м^3$/100 кг	-	30,4	-	-	-

Проведем анализ функциональной конвективной сушилки, схема которой приведена на рис.2 Сушилка состоит из: (1) – бункера; (2) – питателя; (3) – сушильного барабана; (4) – топки; (5) – смесительной камеры; (6, 7) – вентиляторов для подачи горячего воздуха в смесительную камеру; (8) – промежуточного бункера; (9) – транспортёра; (10)– циклона; 11- вентилятора для транспортировки сушильного агента через сушильную камеру; (12) – зубчатой передачи.

Влажный хлопок из бункера 1 с помощью питателя 2 попадает во вращающийся сушильный барабан 3. Параллельно материалу в сушилку подаётся сушильный агент, образующийся от сгорания топлива в топке 4 и смешения газов в смесительной камере 5. Воздух в топку и смесительную камеру подаётся вентиляторами 6 и 7. Высушенный материал из сушильного барабана 8 попадает на транспортирующее устройство 9.

Отработанный сушильный агент перед выбросом в атмосферу очищается от пыли в циклоне 10. При необходимости производится дополнительное мокрое пылеулавливание. Транспортировка сушильного агента через камеру осуществляется с помощью вентилятора 11. При этом установка находится под небольшим разрежением, что исключает утечку сушильного агента. Барабан приводится во вращение электродвигателем через зубчатую передачу 12.

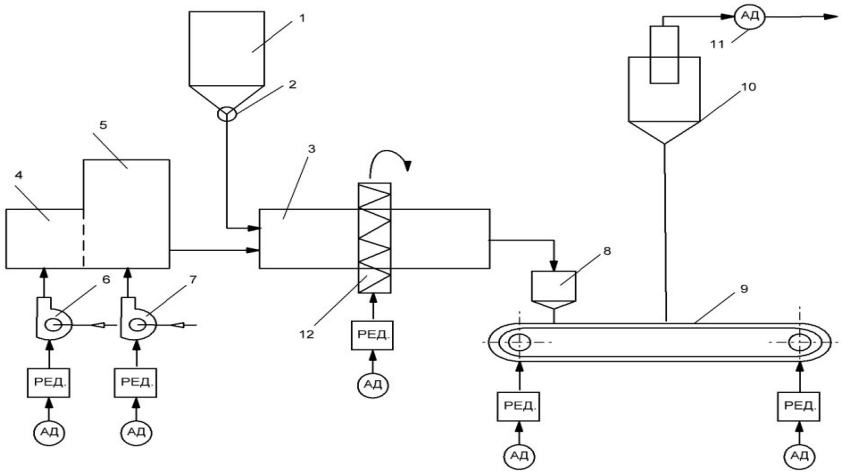


Рисунок 2 - Функциональная схема барабанной сушилки СБ-12

1.2 СУШКА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ ИЛИ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Сушилки с кипящим слоем являются одним из прогрессивных типов аппаратов для сушки. Процесс в кипящем слое позволяет значительно увеличить поверхность контакта между частицами текстильного материала и сушильным агентом, интенсифицировать испарение влаги из материала. Сушилки с кипящим слоем в настоящее время широко применяют в химической технологии не только для сушки сыпучих зернистых материалов (например, минеральных и органических солей), но и материалов, подверженных комкованию, например для сульфата аммония, поливинилхлорида, полиэтилена и некоторых других полимеров, а также пастообразных материалов (пигментов, анилиновых красителей), растворов, расплавов и суспензий. Аппараты с псевдоожиженным слоем зернистого материала получили также широкое распространение в текстильной промышленности. Данное оборудование отличаются большим разнообразием как по конструкции, так и по гидродинамическим и тепловым режимам работы. Машины и аппараты можно классифицировать следующим образом:

- по количеству зон: однокамерные и многокамерные;

-по характеру движения материала: с направленным и ненаправленным движением от места загрузки материала к месту его выгрузки;

- по использованию теплоносителя: однократные и многократные;

- по конфигурации сушильной камеры : круглые и прямоугольные.

Достоинствам сушилок с кипящим слоем можно отнести: интенсивность сушки; возможность сушки при высоких температурах, которая может превышать допустимую для данного материала, вследствие кратковременности его соприкосновения с сушильным агентом; высокую степень использования тепла сушильного агента; возможность автоматического регулирования параметров процесса.

Данный метод основан на высушивании текстильных материалов в среде (слое) сыпучих, нагретых и непрерывно перемещающихся твердых частиц, напоминающих кипящую жидкость. Такой процесс сушки позволяет значительно

увеличить поверхность контакта ткани с сушильным агентом. В качестве твердых частиц используются стеклянные гранулы (шарики) или зерна кварцевого песка 0,1-3 мм, которые насыпаются в ванну. Через образовавшийся слой пропускается поток горячего воздуха, частицы приходят в движение (кипение), нагреваются и через слой, как через жидкость, можно пропускать ткани, трикотажные полотна, нити, пряжу или нетканые материалы. Данный метод сушки при температуре 140-150°С особенно эффективен для обработки тяжелых тканей [4].

Наиболее распространены однокамерные сушилки непрерывного действия, однако в сушилках данного типа с цилиндрическим корпусом наблюдается значительная неравномерность сушки, обусловленная тем, что при интенсивном перемешивании в слое время пребывания отдельных частиц существенно отличается от его среднего значения. Поэтому применяются сушилки с коническим расширением в верхней части. Скорость газа внизу камеры должна превышать скорость осаждения самых крупных частиц, в верхней части должна быть меньше скорости осаждения самых мелких частиц. При такой форме камеры достигается более организованная циркуляция твердых частиц, которые поднимаются в центре и опускаются (в виде менее разреженной фазы) у периферии аппарата. Благодаря снижению скорости газов по мере их подъема улучшается распределение частиц по размеру и уменьшается отсос пыли, что в свою очередь повышает равномерность нагрева (более мелкие частицы поднимающиеся выше и находятся в области более низких температур) и позволяет уменьшить высоту камеры. На рис. 3 приведена технологическая схема сушки в кипящем слое.

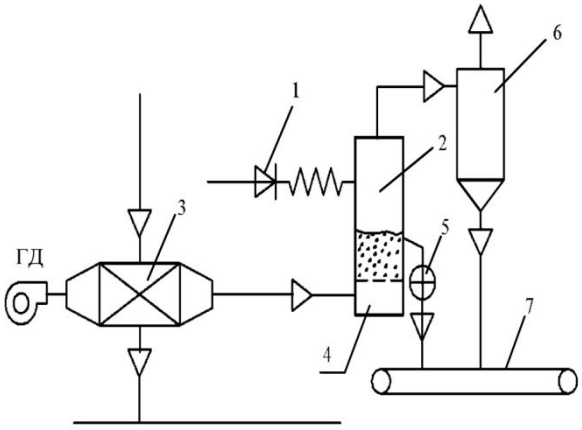


Рисунок 3 - Технологическая схема сушки материала в кипящем слое

Воздух, забираемый из атмосферы, подается газодувкой (ГД) в калорифер (3), где нагревается за счет конденсации греющего пара до температуры 150°С, а затем поступает в подрешеточное пространство (4) аппарата АКС (2). Направляясь с большой скоростью из отверстий газораспределительной решетки, нагретый воздух высушивает слой материала, который непрерывно выгружается дозатором (5). Отработанный воздух очищается от унесенной пыли в циклоне (6). Образующаяся пыль непрерывно (или периодически) выгружается из циклона и вместе с высушенным материалом в виде готового продукта транспортируется на склад или на дальнейшую переработку по конвейеру (7).

Таблица 2 - Модельный ряд сушилок с кипящим слоем

Модель / Параметры		AGFG 60	AGFG 100	AGFG 120	AGFG 150	AGFG 200	AGFG 300	AGFG 500	AGFG 1000
Загрузка сырья (кг)		60	100	120	150	200	300	500	1000
Вентилятор	Расход воздуха ($м^3$/ч)	2361	3488	4000	4901	6032	7800	10800	15000
	Давление (мПа)	0,079	0.071	0,071	0,091	0,105	0,127	0,127	0,160
	Мощность (кВт)	7,5	11	15	18,5	22	30	45	75
Мощность перемешивания (кВт)		0,55	0,55	0,55	0,55	0,75	0,75	1,1	2,2
Потребления пара (кг/ч)		141	170	170	240	282	366	451	800

Время сушки (мин)									
Высота установки (мм)	Квадратной	2750	2850	2850	2900	3100	3300	3650	5200
	Округлой	2700	2900	2900	2900	3300	3800	4200	5800

1.3 ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ (ВЧ) СУШКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Современные тенденции развития текстильной ВЧ техники и технологии таковы, что наиболее массовое применение диэлектрический способ нагрева получил для осуществления процессов сушки текстильных материалов. Это является закономерным и обусловлено тем, что ВЧ сушка, являясь чисто физическим процессом, значительно проще поддается управлению и автоматизации при практической реализации по сравнению с крашением и отделкой тканей, в которых совместно протекают как физические, так и химические процессы. ВЧ сушка текстильных материалов основана на диэлектрическом нагреве воды, содержащейся в высушиваемом изделии. Важными особенностями диэлектрического нагрева по сравнению с нагревом от внешних источников тепла является то, что в процессе ВЧ сушки происходит равномерный подъем температуры обрабатываемого материала и одновременное начало испарения влаги по всему его объему. В условиях тепло и массообмена с окружающей средой температура и давление пара внутри тела оказывается выше, нежели в поверхностных слоях. В результате градиенты температуры и давления направлены из центра материала к периферии, что способствует переносу влаги в процессе сушки из глубинных слоев к поверхности высушиваемого материала.

Специфические особенности диэлектрического нагрева обуславливают ряд важных преимуществ ВЧ способа сушки. Так, ВЧ нагрев высушиваемых материалов происходит быстрее по сравнению с нагревом от внешних источников тепла и равномерно по всей толщине изделия, в результате чего возрастает скорость сушки. Практически исключается опасность перегрева обрабатываемого материала в поле ВЧ, т.к. при атмосферном давлении температура нагрева

не превышает 100 ^{0}С. В процессе ВЧ сушки нагреваемый материал является элементом электрического контура и при изменении параметров, влияющих на диэлектрические характеристики материала изменяется и поглощаемая мощность. Например, количество энергии, поглощаемой материалом, пропорционально влагосодержанию волокна. Отсюда - саморегулируемость процесса сушки. Нагрев материала приостанавливается одновременно с прекращением действия ВЧ поля, что обуславливает тепловую безинерционность процесса сушки. Применение диэлектрического нагрева дает возможность передачи значительных мощностей к единице объема материала, благодаря чему реально уменьшение габаритов сушильных установок. К числу достоинств относится гибкость в перестройке режима сушки при смене технологических операций, переходах с одного вида материала на другой. Важным моментом является то, что ВЧ сушка оказывает благоприятное воздействие на качество волокнистых материалов - снимаются внутренние напряжения в материале, достигается свободная усадка волокон по всей толщине, улучшается гриф текстильных материалов.

Недостатками ВЧ сушки являются большой расход энергии на удаление влаги (28000 кДж/кг влаги), это в 3-4 раза выше чем при конвективной сушке, а также сравнительная сложность установки.

Среди перспективных областей применения ВЧ нагрева для целей сушки можно отметить следующие: сушка текстильных материалов в паковках (хлопчатобумажная, льняная, шерстяная, смешанная пряжа); ниток из натуральных и синтетических волокон после облагораживания и крашения; льняной пряжи мокрого прядения в плотных паковках больших размеров; шерстяной ленты после крашения; искусственные шелка в куличах; текстильного материала (ткани, трикотажные полотна, нетканые материалы) в жгуте и расправленным полотном в непрерывных процессах; ковровых изделий, войлока; швейных и трикотажных изделий и т.д. Эффективность процесса ВЧ сушки на примере экспериментальных данных, приведенных в таблице 3, полученных в Ивановском НИЭКМИ с использованием полупромышленной установки на базе генератора

ВЧГЗ-60/13. На основании исследований рассчитана производительность ВЧ сушки, учитывая что мощность серийно выпускаемых генераторов составляет 10, 25 и 60 кВт.

Таблица 3 - Производительность ВЧ сушки хлопчатобумажных

Способ сушки	ВЧ мощность (кВт)	Производительность сушки (кг/час)
Высокочастотный нагрев	10 25 60	14,6 36 87,6
Конвективный нагрев	-	5

В таблице 3 приведены сравнительные данные сушки хлопчатобумажных нитей на сушильной установке Ивановской трикотажной фабрики. Применение ВЧ нагрева позволяет повысить производительность процесса сушки от 3 до 17 раз [6].

Рассмотрим аппаратное оформление ВЧ сушки. Для практической реализации требуется специальное сушильное оборудование, которое состоит из следующих основных частей: высокочастотного генератора, сушильной камеры с электродной системой, системы подогрева и циркуляции воздуха, системы рекуперации тепла, транспортирующего устройства и пульта управления. Приведем анализ машины марки МВС-2 ЛП, для сушки плотных паковок льняной и льнохимической пряжи (рис. 4). Высокочастотная сушилка состоит из высокочастотного генератора 1 и сушильной камеры 2. Переменный ток из сети поступает в выпрямитель 3, затем в генератор, где преобразуется в переменный ток высокой частоты. Ток подводится к пластинам конденсаторов 4 и 5, между которыми движется на ленте высушиваемый материал. Данная сушилка имеет две ленты 6 и 7, на которых последовательно высушивается материал. Под действием электрического поля высокой частоты ионы и электроны в материале (содержащего обычно некоторое количество электролита, например, раствора солей) меняют направление движения синхронно с изменением знака заряда пла-

стин конденсатора; дипольные молекулы приобретают вращательное движение, а неполярные молекулы поляризуются за счет смещения их зарядов. Эти процессы, сопровождаемые трением, приводят к выделению тепла и нагреванию высушиваемого материала.

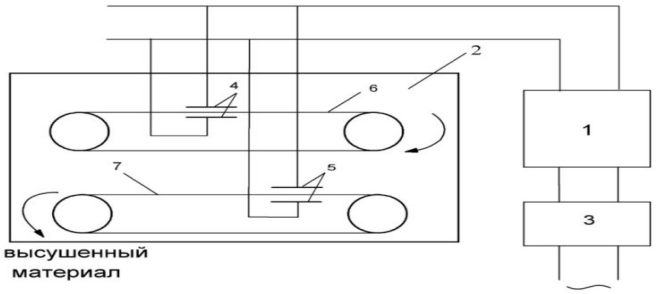


Рисунок 4 - Принципиальная схема высокочастотной (диэлектрической) сушилки

1 – ламповый высокочастотный генератор; 2 – сушильная камера; 3 – выпрямитель; 4,5 – пластины конденсаторов; 6,7– ленты, на которых транспортируется высушиваемый материал.

Таблица 4 - Технические характеристики МВС-2 ЛП.

Наименование показателей	Значение
Производительность по льняной пряжи в паковках, кг/ч Шт/ч	95-100 62
Производительность по испаренной влаге, кг/ч	До 51
Тип намотки пряжи, углоперекрещивания.	Цилиндрическая крестовая 25^0 через 5^0
Начальная влажность, % Конечная влажность, %	$65^{+}_{-}5$ $9^{+}_{-}2$
Установленная мощность токоприемников, кВт	87,7
Потребляемая мощность, кВт	187
Расход пара, кг/ч	80
Расход на охлаждение ВЧ генератора, $м^3/ч$	1
Расход сжатого воздуха, $м^3/ч$	0,5
Расход нагретого воздуха, подаваемого в машину , $м^3/ч$	3600
Количество удаляемого из машины воз-	4000

духа, м^3/ч	
Удельные расходы:	
Электроэнергии, кВт ч/кг сухого материала	0,87
кВт ч/кг испаренной влаги пара	1,70

Основным элементом сушильной камеры является система электродов, образующих рабочее пространство (зону нагрева), в котором осуществляется процесс сушки текстильного материала. В конструкции ВЧ сушильных машин нашли применение несколько видов электродных систем. Для сушки объемных текстильных материалов (паковки, бобины), применяют плоские конденсаторные пластины, создающие вертикальное электрическое поле. Стержневые электроды используются для сушки плоских материалов (волокно, полотно ткани, ковровые, штучные изделия и пр.), так как позволяют достигать больших значений напряженности электрического поля в плоскости. Реже в качестве электродов используются элементы конструкций сушильных камер, например металлические ролики транспортирующих устройств, крышки герметизирующихся емкостей, стойки. Транспортирующие ленты изготавливаются из материала с низкими диэлектрическими потерями с целью исключения его нагрева в ВЧ поле. Обычно в качестве такого материала используют полипропилен. Во всех конструкциях ВЧ сушильного оборудования корпус камеры сушки или корпус машины предусматривает защиту окружающей среды от электромагнитных излучений с целью предотвращения радиопомех и обеспечения безопасности обслуживающего персонала. Системы обогрева и циркуляции воздуха, устройства рекуперации тепла в ВЧ сушильных машинах традиционны для многих видов стандартного сушильного оборудования.

В качестве комбинированной сушилки представляет интерес устройство для сушки пряжи в бобинах, представленное на рис 5.

Устройство снабжено двумя герметичными сушильными камерами 1 и 1а, в которых устанавливаются бобины 2 и 2а с пряжей после крашения. Сушка пряжи осуществляется циркулирующим рабочим воздухом при t= 125 ^{0}C в течении 6 минут, при этом периодически в заданном по программе режиме произво-

дится включение подачи горячего воздуха и создание в сушильных камерах вакуума. Воздух циркулирует с помощью вентилятора , снабженного регулируемым приводом М, по трубопроводам 4 и 4а, в которых размещены управляемые клапаны 5 и 5а. Под каждой сушильной камерой установлены автоматические переключатели 6 и 6а, при помощи которых периодически изменяется направление горячего воздуха. Над сушильными камерами размещены дополнительные ВЧ- нагреватели 7 и 7а. Давление в камерах регулируется выпускными клапанами 9 и 9а. Перед поступлением в трубопровод воздух подогревается в нагревателе 10 с последующим увлажнением перед концом сушки для создания требуемого влагосодержания пряжи.

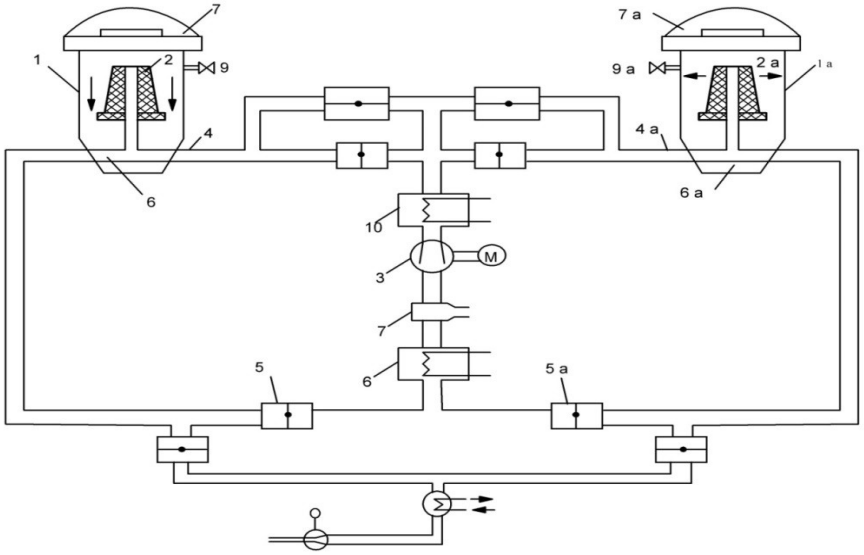


Рисунок 5 - Комбинированные сушилки для сушки пряжи в бобинах

1.4 СУШКА ИНФРАКРАСНЫМИ ЛУЧАМИ

Данный вид сушки позволяет подводить к материалу тепловые потоки в десятки раз превышающие соответствующие потоки при конвективной или контактной сушке. При высушивании толстослойных материалов на скорость сушки большое влияние оказывает скорость внутренней диффузии и в начальный момент сушки под действием радиации влага может перемещаться вглубь слоя. В связи с этим радиационная сушка более целесообразна для тонких тканей.

На практике инфракрасные излучатели используются для подсушки аппретированных или напечатанных тканей, а так же в термозрельниках для создания высокой температуры. Применяются излучатели электрические или газовые, темные или светлые. К темным относятся керамические, кварцевые или металлические трубки, обогреваемые изнутри электрической спиралью или газом, к светлым – лампы накаливания с повышенным коэффициентом теплоотдачи.

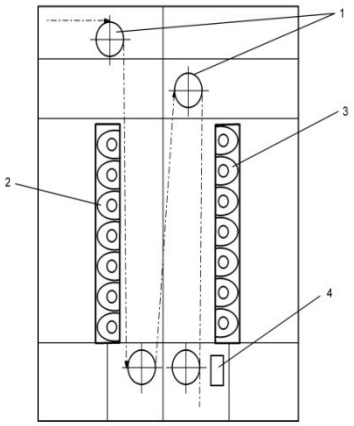


Рисунок 6 - Принципиальная схема универсальной радиационной термокамеры УРТК-120-4

На рис.6 показана принципиальная схема универсальной радиационной термокамеры УРТК-120-4, предназначенной для обработки тканей при несминаемой отделке. Ткань, предварительно нагретая на сушильно - барабанной машине до температуры 100—114°С, поступает по направляющим роликам *1*, проходит через камеру между излучающими панелями *2* и *3* и нагревается с двух сторон до температуры 160—200 °С, контролируемой датчиком *4*, и выводится через щель для последующего охлаждения и накатки в рулон. Подобные камеры можно агрегировать с СБМ (сушильно-барабанные машины), СШМ (сушильно-ширильные машины.) и другими машинами, дополняя их действие термообработкой ткани. Установки рассчитаны на мощность токоприемников от 73 до 123 кВт. Длина заправки в зоне излучения 4 м, что при скорости продвижения ткани 40-60 м/мин обеспечит обработку в течение 4-6 с. Несмотря на кратковременность, эффективность обработки высокая.

Установка УРТК-120-1 входит в состав линии ЛТ-120 термической обработки ткани (рис. 11). В состав линии входят : 1- раскатная машина Р -120-5 ; 2- сушильная СМБ 2-1/120; 3- термокамера УРТК -120-1; 4- накатная машина Н-120-5. Скорость продвижения ткани 25-125 м/мин, влажность ткани 5-7 %,. Линия термической обработки ЛТ -120 83,5 кВт, габаритные размеры 14430х3200х4090 мм. [7].

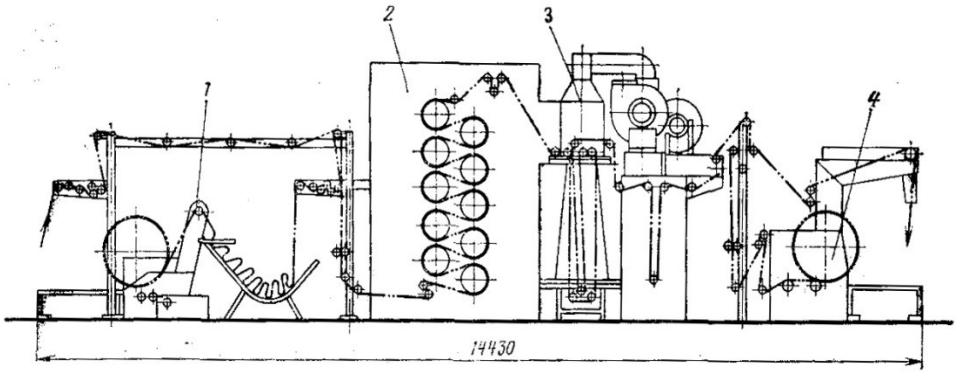


Рисунок 7 - Схема линии термической обработки ткани ЛТ-120

1.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХЛОПКОВЫМ СУШИЛКАМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Профессор Х. И. Иброгимовым в 2009 году в Костромском государственном технологическом университете выполнены исследования по совершенствованию сушильных процессов хлопка. Иброгимов считает, что они должны сопровождаться:

– разделением объемов падающих с лопастей комков хлопка;

– увеличением удельных площадей их тепловоспринимающих поверхностей;

– эффективным использованием камеры барабана и теплоносителя.

Выбор метода сушки определяется масштабом производства, климатическими особенностями местности, видом высушиваемого материала и стоимостью дополнительной энергии. Подвод теплоты к материалу от сушильного агента может осуществляться конвективным путем или путем излучения, соответственно различают конвективные и радиационные сушилки. Во-первых,

продукт контактирует с воздухом, нагретым солнечной энергией, во-вторых, продукт непосредственно облучается Солнцем, температура в сушилках этого типа достигает 90...95°С. Могут также применяться комбинированные сушилки, в которых участвуют оба вида теплообмена, но преобладает конвекция, а установка состоит из воздухонагревателя и сушильной камеры с прозрачными стенками. Применение солнечных установок повышает эффективность сушки и уменьшает потери продукта. Существенно сокращается время сушки и улучшается качество продукта.

Основным конструктивным элементом солнечной установки является коллектор, в котором происходит улавливание солнечной энергии, ее преобразование в теплоту и нагрев воды, воздуха или какого-либо другого теплоносителя. Различают два типа солнечных коллекторов — плоские и фокусирующие. В плоских коллекторах солнечная энергия поглощается без концентрации, а в фокусирующих — с концентрацией, т. е. с увеличением плотности поступающего потока радиации.

Для сушки хлопка-сырца в барабанной сушилке предлагается использовать плоский коллектор солнечной энергии. Для того чтобы изготовить плоский коллектор солнечной энергии, необходима прежде всего лучепоглощающая поверхность, имеющая надежный контакт с рядом сушильного барабана для движения нагреваемого теплоносителя. Для лучшего поглощения солнечной энергии верхняя поверхность абсорбера окрашивается в черный цвет и имеет специальное поглощающее покрытие. Максимальная температура, до которой можно нагреть теплоноситель в плоском коллекторе, не превышает 100 °С. Преимущества плоского коллектор солнечной энергии по сравнению с коллекторами других типов — это его способность улавливать как прямую (лучистую), так и рассеянную солнечную энергию и как следствие этого — возможность его стационарной установки без необходимости слежения за Солнцем. Абсорбер плоского коллектора солнечной энергии изготавливается из металла с высокой теплопроводимостью.

У предлагаемой конструкции корпус теплового коллектора и его внутреннее пространство постоянно нагреты до температуры 90 – 95 ºС от прямого и отраженного от концентратора солнечного излучения.

Необходимость аккумулирования теплоты в гелиосистемах обусловлена несоответствием во времени и по количественным показателям поступления солнечной радиации и теплопотребления. Поток солнечной энергии изменяется в течение суток от нуля в ночное время до максимального значения в солнечный полдень. Поскольку тепловая нагрузка отопления максимальна в декабре — январе, а поступление солнечной энергии в этот период минимально, для обеспечения теплопотребления необходимо улавливать солнечной энергии больше, чем требуется в данный момент, а избыток накапливать в аккумуляторе теплоты.

Поток воздуха, поступающий в коллектор, соприкасается с нагретой поверхностью коллектора и воспринимает тепло от неё. При этом происходит конвективный процесс теплообмена. Упрощенная методика, расчета изменения температуры потока воздуха

$$Q = KS\,(Oë_к - Oë_{Pl})*t, \qquad (1)$$

где, $Oë_к$ и $Oë_{Pl}$ температура коллектора и воздуха °С; S - площадь поверхности теплообмена м2; К - коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности коллектора воздуха, Вт/(м2 °С); t - время передачи теплоты от поверхности коллектора к воздуху, ч.

Количество теплоты, отдаваемой в течение часа на участке длиной,

$$dQ = K\,(Oë_к - Oë_{Pl})Ldx, \qquad (2)$$

где, L - периметр коллектора на участке длиной. При этом температура воздуха изменяется на dOё.

Количество теплоты, воспринимаемой воздухом,

$$dQ = mc_p dT \quad (3)$$

где, m - масса воздуха, кг; c_p - теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж.

Таким образом, применение солнечного коллектора в устройствах сушки хлопка позволяет снизить расход электроэнергии более, чем в 2-3 раза; исключить сжигание жидкого топлива; значительно упростить технологию; повысить надежность оборудования и значительно снизить его материалоемкость.

Теплоснабжение сушилок хлопка-сырца.

При хранении хлопка-сырца с влажностью более 13 - 14% при температуре окружающей среды выше 12 - 15°С в его семенах начинают развиваться биологические процессы, связанные с выделением тепла, при этом температура массы хлопка - сырца может повышаться до 60 - 70°С и выше, что приводит к полной или частичной потере волокном текстильных качеств и порче семян как посевного материала и сырья для масложировой промышленности.

При переработке хлопка - сырца с повышенной влажностью снижается очистительный эффект и производительность оборудования, ухудшается качество и внешний вид волокна.

Влажность хлопка-сырца

Хлопок-сырец неоднородное вещество, состоит из волокон и семян. Волокно в основном содержит целлюлозу и некоторое количество пектиновых и восковых веществ покрывающих его поверхность. Хлопковые семена состоят из шелухи с кожицей и ядра; шелуха – из незначительного количества целлюлозы, лигнина, белков и минерального вещества; ядро семени содержит белки и жиры. Волокно впитывает влагу быстрее, чем семена. Эти компоненты хлопка-сырца имеют различное химическое строение, поэтому их увлажнение и сушка происходит неодинаково.

Как и у других волокнистых материалов, влажность хлопка-сырца изменяется в зависимости от относительной влажности φ окружающей среды (табл. 5).

Таблица 5 - Влажность волокнистых материалов при температуре 20°С

Волокнистый материал	Влажность волокнистых материалов, %, при относительной влажности окружающей среды, %					
10	20	40	60	80	90	
Хлопчатобумажная ткань	2,6	3,7	5,2	6,8	10,1	14,3
Хлопковое волокно	2,5	4,6	6,0	7,8	10,6	14,1
Хлопок-сырец	2,0	3,5	5,5	8,0	9,4	10,9
Гигроскопическая вата	4,8	9,0	15,7	20,8	24,3	25,8

Влажность отдельных составляющих компонентов хлопка-сырца находится в закономерной зависимости от общей влажности самого хлопка-сырца и может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$W_в = 0{,}7\,W; \qquad (4)$$

$$W_2 = 0{,}46\,W^{1{,}275}; \qquad (5)$$

$$W_к = \frac{W - P_в W_в - P_2 W_2}{P_к}, \qquad (6)$$

$W_в$ W_2 W $W_к$ $P_в$

где, , , – влажность хлопка-сырца, волокна, ядра и кожуры, %; и

P_2

– относительное содержание волокна и ядра в хлопке-сырце, гр.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ конструктивных особенностей типового сушильного оборудования с целью определения объектов исследования энергосберегающих режимов.

Осуществлен сравнительный анализ эффективности 4-х видов сушки волокнистых материалов, таких как: конвективная сушка, сушка в кипящем слое, высокочастотная (ВЧ) и инфракрасная сушка. Инфракрасная сушка и сушка в кипящем слое представляет собой перспективные методы, однако их техническая реализация представляет определенные трудности. На основании сравнительного анализа, установлено, что ВЧ сушка волокнистых материалов обеспечивает более быстрый нагрев высушиваемого материала по сравнению с нагревом от внешних источников тепла и равномерность по всей толщине изделия, в результате чего возрастает скорость сушки.

Разработана функциональная и структурная схемы барабанной сушилки СБ-12. При рассмотрении функциональной схемы и основных технических характеристик конвективных сушилок, установлено, что увеличение скорости теплоносителя требует его значительного увеличения от 15-30%.

Используя экспериментальные данные Ивановского НИЭКМИ , на базе генератора ВЧГЗ-60/13, выяснили, что применение ВЧ нагрева позволяет повысить производительность процесса сушки от 3 до 17 раз (табл. 3).

С целью определения качественных показателей САУ автором разработана структурная схема барабанной сушилки.

Из всех рассмотренных видов сушки, автор выбирает конвективную сушку, основываясь на простоту конструкции, невысокую стоимость оборудования, а так же техническую реализацию для сушки волокнистых материалов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СУШКИ ХЛОПКА-СЫРЦА.

2.1 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ХЛОПКА – СЫРЦА

В теории сушки материалов различают следующие процессы:

- **влаго** и - **теплообмен**, которые протекают на поверхности материала между высушиваемым материалом и окружающей средой;

- перемещение влаги из внутренних слоев материала к его поверхности в виде жидкости или пара.

Важным фактором при влаго - и теплообмене является состояние материала и окружающей среды. Процесс перемещения влаги внутри материала зависит от его свойств и строения, а также формы связи влаги с материалом.

Сушка является не только теплотехническим, но и технологическим процессом, влияющим на качество материалов, их хранение и переработку. Для каждого материала выбирают оптимальный способ сушки; параметры процесса сушки в этом случае должны быть рассчитаны на улучшение технологических результатов.

Газообразную среду (воздух или дымовые газы), которая в условиях непосредственного соприкосновения и теплообмена с высушиваемым материалом воспринимает удаляемую из его влагу, называют **агентом сушки**.

Среду, **получающую теплоту** от внешнего источника и передающую ее высушиваемому материалу, называют **теплоносителем**.

Аппарат, в котором происходит искусственная сушка материала с одновременным отведением агента сушки, поглотившего пары влаги, называется **сушилкой**.

Если сушка происходит при высокой температуре и незначительной скорости агента сушки, но при высокой влажности материала, то тогда уменьшение влагосодержания происходит медленно, так как температура на всех участках материала повсеместно постепенно повышается. Этот период постепенного повышения температуры есть начальная стадия (стадия прогрева) материала. Далее влагосодержание уменьшается во времени по линейному закону на постоянную величину. Температура поверхности материала при этом не изменяется, поскольку соответствует адиабатическому насыщению воздуха. Внутри же материала температура начинает повышаться медленнее и достигает температуры поверхности материала значительно позднее. Постоянной будет и интенсивность сушки материала, так как происходит неизменный теплообмен. Отсюда и название этого периода — период постоянной скорости, при которой наблюдается неизменная температура материала. Внутри материала происходит выравнивание температуры, и при достижении равновесного влагосодержания разница температуры у поверхности и внутри материала становится одинаковой. Дальнейшее повышение температуры агента сушки ведет к медленному влагоотбору. Период сушки, когда непрерывно повышается температура материала с непрерывным уменьшением скорости сушки, называется периодом падающей скорости.

Фактически основным признаком разного протекания процессов сушки является изменение температуры материала. Поэтому те же периоды различает как период постоянной температуры материала и период повышающей температуры материала.

Рассмотрим указанные периоды на графике, изображенном на рис. 8. На кривой сушки хлопка-сырца периоду постоянной температуры материала соответствует отрезок АБ (линейная зависимость), а периоду повышающейся температуры материала — отрезок БС (криволинейная зависимость). Период постоянной температуры материала у хлопка-сырца совмещается с периодом влажного состояния, и различная первоначальная влажность хлопка-сырца не влияет на характер отрезка АБ, так как темп влагоотдачи при сушке в этот пе-

риод не зависит от первоначальной влажности и является постоянным во времени; зависимость же является прямолинейной.

С переходом хлопка-сырца от влажного в гигроскопическое состояние наступает первая критическая точка, которая характеризуется наступлением периода повышающейся температуры материала. Этот период, когда хлопок-сырец приобретает гигроскопическое состояние, подразделяется на два этапа:

- ненасыщенного состояния поверхности хлопка-сырца;
- перемещения влаги между отдельными компонентами хлопка-сырца.

На первом этапе (БВ) происходит уменьшение влагоотдачи в зависимости от времени сушки и кривая из прямолинейной становится криволинейной. Характерным здесь является то, что с течением времени при постоянных температурах агента сушки и скорости сушки влагоотдача уменьшается.

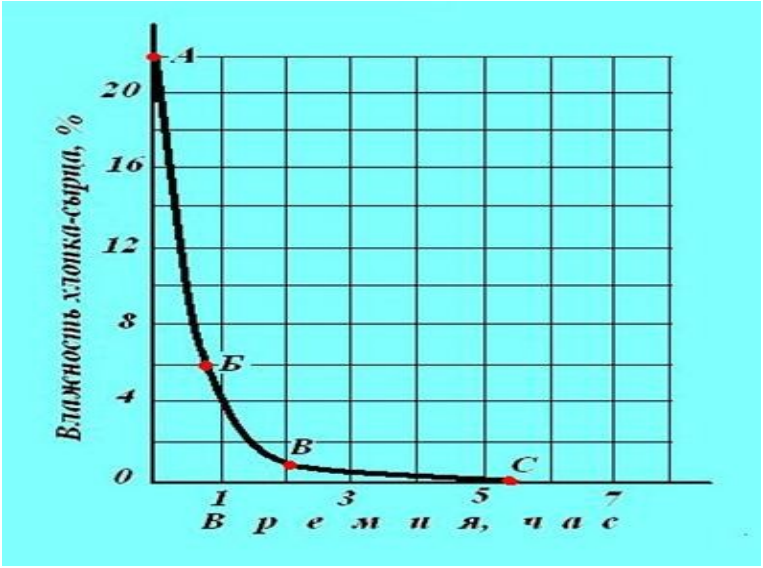


Рисунок 8 - Кривая сушки хлопка-сырца

Для второго этапа (ВС) характерно уже резкое падение интенсивности влагоотдачи; кривая сушки приобретает постепенно пологий уклон и в конце этапа имеет вид горизонтальной линии. Характер кривой сушки на этом участке зависит от скорости перемещения влаги из глубин компонентов хлопка-сырца на поверхность.

Равновесное состояние хлопка-сырца характеризуется прекращением процесса сушки; температуры хлопка-сырца и агента сушки равны, испарение влаги прекращается.

В процессе сушки до периода постоянной температуры имеется еще период прогрева, не заметный на приводимой кривой.

Кривые сушки хлопка-сырца различных сортов неодинаковы: чем ниже сорт хлопка-сырца, тем быстрее происходит влагоотдача.

2.2 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА СУШКИ ВОЛОКНИСТОГО ПРОДУКТА (ХЛОПКА-СЫРЦА)

При хранении хлопка-сырца с влажностью более 13-14% и температуре окружающей среды выше 12-14° его температура повышается до 60-70° и выше. В семенах происходят биологические процессы, что может приводить к полной потере физико-механических свойств. При очистке хлопка-сырца повышенной влажности снижается производительность оборудования (из-за забоев сепараторов, винтовых конвейеров, очистителей и колосниковых решеток джинов) [16].

При повышении влажности снижаются упругие свойства волокна, при этом сцепляемость с сорными примесями усиливается, вследствие чего при механическом воздействии волокно деформируется. Указанные причины приводят к образованию в волокне пороков и снижению очистительного эффекта при волокноотделении и волокноочистке.

Нормы кондиционной влажности устанавливаются из условий обеспечения длительной сохранности хлопка-сырца в хранилищах и бунтах, а нормы технологической влажности — из условий наиболее эффективного протекания технологического процесса, при котором достигается наилучшая очистка хлопка-сырца и волокна от сорных примесей, а волокноотделение и волокноочистка происходят с высокой производительностью и выпуском волокна с наименьшим содержанием пороков.

Технологическая влажность хлопка-сырца для первых сортов составляет 7-8%. Высушивать хлопок - сырец до влажности ниже 7% регламентированным технологическим процессом переработки хлопка-сырца не рекомендуется. Чтобы не допустить порчи хлопка-сырца при хранении, необходимо довести его влажность с помощью естественной или искусственной сушки до кондиционной, а чтобы обеспечить выпуск волокна высокого качества, хлопок-сырец при его очистке и волокноотделении следует подсушивать до технологической влажности.

Хлопок-сырец - многокомпонентный материал, состоит из хлопкового волокна и семян. Волокно содержит в основном целлюлозу, небольшое количество пектиновых веществ и восковое покрытие. Семена состоят из ядра и кожуры. Все эти компоненты имеют различное геометрическое и химическое строение, что оказывает большое влияние на протекание в них влагопоглощающих процессов из окружающей среды [17].

На рис. 9 представлены кривые скорости сушки хлопка-сырца и его компонентов, показывающие, что скорость сушки волокна значительно выше скорости сушки семян. На скорость сушки оказывает скорость теплоносителя.

Исследованиями, проведенными в ЦНИИХпроме, установлено, что при скорости теплоносителя $\upsilon_т$= 0,7-1,45 м/с сушка хлопка-сырца происходит наиболее интенсивно[18].

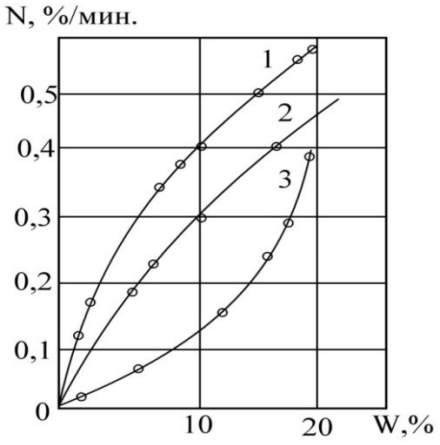


Рисунок 9 - График скорости сушки хлопка-сырца и его компонентов

1 - волокно; 2 - хлопок-сырец; 3 - семена

Хлопок-сырец в обычных условиях, содержит абсолютно сухую массу и некоторое количество влаги, что можно представить в виде:

$$m = m_{a.c.} + m_{в}, \quad (7)$$

где, m - масса влажного хлопка-сырца; $m_{a.c.}$ -масса абсолютно сухого хлопка-сырца; $m_{в}$ -масса воды, находящейся в хлопке-сырце.

Влажностью хлопка-сырца называется отношение массы содержащейся влаги к массе абсолютно сухого хлопка-сырца, выраженное в процентах:

$$\omega = \frac{m_d}{m_{a.c.}} * 100\% \quad (8)$$

Влагосодержание хлопка-сырца — это отношение массы содержащейся в нем воды к массе абсолютно сухого хлопка-сырца:

$$u_г = \frac{m_в}{m_{a.c.}} \quad (9)$$

где, $u_г$ - максимальное гигроскопическое влагосодержание хлопка-сырца.

В зависимости от характера связи влаги с хлопком-сырцом и возможности ее удаления в процессе сушки различают влагу свободную и гигроскопическую, избыточную и равновесную.

Свободная влага наименее связана с хлопком-сырцом и представляет собой осмотическую влагу, находящуюся в крупных порах, пустотах и микрокапиллярах. Содержание свободной влаги $u_{см}$ в хлопке-сырце может быть различным и определяется по формуле:

$$u_{см} = u - u_г, \quad (10)$$

где, u — влажность окружающего воздуха.

Хлопок-сырец, находясь в воздушной среде, обладает способностью

испарять излишнюю влагу или впитывать недостающее количество водяных паров из воздуха до равновесной влажности. Эта способность называется гигроскопичностью Хлопок-сырец, содержащий свободную влагу, считается влажным (мокрым). Точка на пределе влажного и гигроскопического состояния хлопка-сырца называется гигроскопической точкой. Влагосодержание хлопка-сырца в этой точке — максимальное

(гигроскопическое). Гигроскопическая влажность хлопка-сырца в естественных условиях достигается за счет впитывания влаги из воздуха и за счет влаги, которая попадает на хлопок в жидком состоянии (роса, дождь).

Избыточная влага включает в себя свободную влагу и ту часть

гигроскопической влаги, которая может быть удалена из хлопка-сырца при

заданных условиях сушки.

Избыточная влага u_u определяется по формуле:

$$u_u = u - u_p \qquad (11)$$

где, u_p - равновесная влага хлопка-сырца.

Равновесным влагосодержанием называется влажность хлопка-сырца, которая устанавливается самопроизвольно в зависимости от условий окружающей среды.

При условии когда парциальное давление пара ($P_п$) у поверхности хлопка-сырца больше парциального давления пара окружающего воздуха ($P_с$), ($P_с < P_п$), то происходит отдача влаги хлопком-сырцом воздуху (процесс сушки). Если же давление пара у поверхности хлопка-сырца меньше парциального давления пара окружающего воздуха $(p_c > p_п)$, то хлопок-сырец, обладая гигроскопичностью, впитывает влагу из воздуха (процесс сорбции).Процесс сушки или процесс сорбции хлопка-сырца прекращается при условии равенства парциальных дав-

лений водяного пара у поверхности материала и окружающего воздуха (P_c = $P_п$). Этому условию и соответствует момент равновесного состояния влажности хлопка-сырца при данной температуре и относительной влажности окружающего воздуха.

Среднее содержание влаги основных компонентов хлопка-сырца для средневолокнистых сортов в абсолютно сухом состоянии приведено в таблице 6[19].

Таблица 6 - Распределение влаги между компонентами хлопка-сырца

Компоненты хлопка-сырца	Содержание влаги, %	
	1 сорт	II сорт
Волокнистый материал	43	42
Кожура	20	23
Ядро семени	37	35

На рис. 10 показана зависимость влажности волокна, кожуры и ядра от влажности хлопка-сырца.

Допустимые колебания влажности хлопка-сырца после сушки находятся в следующих пределах (%):

I сорт —7—10; III сорт— 9—12,

II сорт —8—11; IV сорт—10—13.

Более высокие отклонения по влажности недопустимы, так как это

может привести к образованию очагов самосогревания хлопка-сырца и его порче.

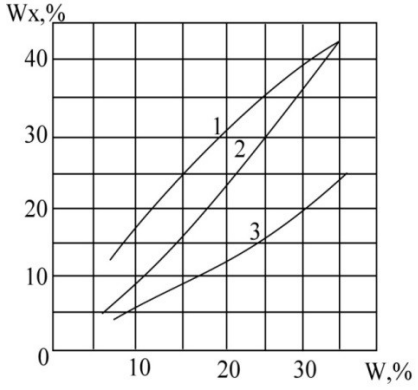


Рисунок 10 - Зависимость влажности кожуры (1), ядра (2) и волокна (3) от влажности хлопка-сырца

При сушке изменяется масса хлопка-сырца *m*, его влажность ω и температура $t_м$. Газообразную среду (воздух или дымовые газы), получающую теплоту от внешнего источника и передающую ее высушиваемому хлопку-сырцу, называют теплоносителем. В зависимости от направления движения теплоносителя и хлопка-сырца в сушилке различают: прямоток, когда теплоноситель и хлопок-сырец идут в одном направлении, и противоток, когда теплоноситель и хлопок-сырец идут в противоположных направлениях.

Состояние теплоносителя в различных частях сушилки характеризуется величинами: температурой *t*, относительной влажностью φ, влагосодержанием α и теплосодержанием *J*.

На рис. 11 представлена упрощенная схема процесса сушки хлопка-сырца. Теплоноситель из газовой топки 1 отсасывается вентилятором-дымососом 2 и по трубопроводу 3 нагнетается в сушильный барабан 4.

На трубопроводе горячего воздуха устанавливается питатель подачи влажного хлопка-сырца в сушилку 5. Влажный хлопок-сырец постепенно высушивается в барабане и после отдачи теплоносителю излишней влаги выходит из сушилки через лоток 6, а охлажденный, насыщенный влагой теплоноситель уходит через трубу 7 в атмосферу. Подача влажного хлопка-сырца в сушилку и выход высушенного продукта происходят непрерывно.

Качество сушильного процесса и работа сушилки оценивается такими показателями, как влагоотбор, производительность по влаге и влажному хлопку-сырцу, равномерность сушки, очистительный эффект, расход тепла на килограмм испаренной влаги.

Влагоотбор показывает, какое количество влаги испарилось в сушилке в процентах к массе абсолютно сухого хлопка-сырца.

Определяется влагоотбор по формуле:

$$\Delta\omega = \frac{m1 - m2}{m\ сух} * 100\%; \qquad (12)$$

$$m_{сух} = m_1 \frac{100}{100+\omega 1} = m_2 \frac{100}{100+\omega 2} \qquad (13)$$

где, m_1 — масса хлопка-сырца поступившего в сушилку; m_2 - масса высушенного хлопка-сырца; $m_{сух}$ - масса абсолютно сухого хлопка-сырца; ω_1, ω_2 - начальная и конечная влажность хлопка-сырца, %.

Количество испаренной влаги в хлопковой сушилке:

$$m = m_1 - m_2 \qquad (14)$$

Производительность сушилки по влажному хлопку-сырцу:

$$m_1 = \frac{m(100+\omega 1)}{100+\omega 2}. \text{ [кг]} \qquad (15)$$

Равномерность сушки один из важных критериев оценки работы сушилки и качества сушильного процесса.

Неравномерно высушенный хлопок-сырец сорбирует влагу из окружающего воздуха и при длительном хранении может подвергнуться локальному самосогреванию и порче. За критерий равномерности сушки принимается устанавливающееся в естественных условиях соотношение равновесной влажности между компонентами хлопка-сырца.

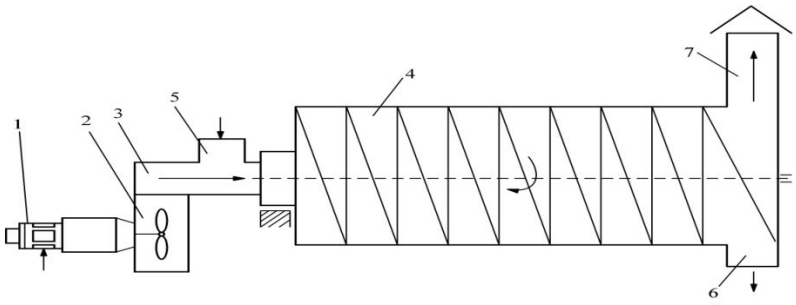


Рисунок 11 - Упрощенная функциональная схема процесса сушки хлопка-сырца

Равномерность сушки волокна, ядра семени и кожуры по отношению к влажности высушенного хлопка-сырца определяется коэффициентами $\eta_в$, $\eta_я$, $\eta_к$

Равномерность сушки составит соответственно: для волокна, семян, кожуры [20]:

$$\eta_в = \frac{\omega_в}{0.7\omega_2}; \qquad (16)$$

$$\eta_я = \frac{\omega_я}{0.46\omega_2^{1.275}}; \qquad (17)$$

$$\eta_к = \frac{\omega_к(1-p_в-p_я)}{\omega_2 - p_в\omega_в - p_я\omega_я}, \qquad (18)$$

где, $\omega_в$, $\omega_я$, $\omega_к$ – соответственно влажность волокна, ядра, семени и кожуры; $p_в$, $p_я$ - соответственно парциальное давление пара у поверхности волокна и ядра семени.

Равномерность сушки считается удовлетворительной, если коэффициенты, вычисленные по формулам (16), (17) и (18), приближаются к единице.

В качестве теплоносителя для сушки хлопка-сырца применяется смесь продуктов сгорания природного газа с атмосферным воздухом либо дымовых газов. Исходя из требований сохранения природных качеств волокна и семян, достаточно высушить хлопок-сырец до его кондиционной влажности.

Предусмотрены следующие нормы влажности при сушке хлопка-сырца: 1, 2, 3 сорта – до влажности не выше 11%; 4 сорт – до влажности не выше 13%. Необходимо учитывать, что перед пуском в обработку хлопок–сырец еще будет подсушиваться в заводских сушильно-очистительных цехах до технологической влажности ω= 7-8%.

Сушка хлопка-сырца, влажность которого выше 20%, производится дважды. Подсушка хлопка-сырца с влажностью 8% и менее не производится, если относительная влажность воздуха ниже 60%.

Температура теплоносителя при сушке хлопка-сырца устанавливается в зависимости от влажности хлопка-сырца перед пуском в сушилку и от конструкции сушилок (таблица 7) [21].

Таблица 7 - Допускаемая температура в зависимости от влажности хлопка-сырца и типа сушилки, ^{0}С

Влажность хлопка-сырца, %	В прямоточной сушилке, ^{0}С 2СБ-10	В прямоточной сушилке, ^{0}С 2СБС
До 9	90-130	80-100
10-11	140-150	110-120
12-14	160-200	130-160
15-18	210-250	170-200
Более 18	250	200

Подсушка семенного хлопка-сырца средневолокнистых сортов до влажности w=7-8% производится в прямоточных сушилках типа 2СБ-10, включенных в непрерывный технологический процесс с температурой теплоносителя не выше 100°С и температурой нагрева семян не выше 40°С.

Температура нагрева хлопка-сырца зависит от его влажности и времени сушки. Во избежание пересушивания, вследствие чего температура может подняться выше допустимой, время нахождения хлопка-сырца в сушилке должно регулироваться. При очень высокой температуре теплоносителя (выше 105°С) хлопок-сырец быстро перегревается, влага полностью удаляется, волокно разлагается, образуя газообразные продукты сухой перегонки. Поэтому время сушки и температура теплоносителя выбираются такими, чтобы хлопок-сырец и его компоненты не перегревались. Для обеспечения сушилок необходимым количеством теплоносителя, нагретого до температуры 100-280°С, при сушильно-очистительных цехах монтируются топочные установки, работающие на природном газе. Топочные установки обеспечивают полное сгорание топлива и подают в сушилку теплоноситель в виде смеси топочных газов и атмосферного воз-

духа. Топочная установка СТАМК-2 для сжигания тракторного керосина оснащена необходимыми средствами контроля, автоматической защитой и управлением. Топочные газы и смеси с атмосферным воздухом отсасываются из топочного агрегата вентилятором-дымососом и нагнетаются по газоходу к сушильному барабану. На пути движения теплоносителя по газоходу установлены дымовая труба , шиберная заслонка и искроуловитель. При полном сгорании топлива топочные газы состоят из углекислого газа CO_2, кислорода O_2, водяных паров H_2O и двуокиси серы SO_2 (если топливо содержит серу). При неполном сгорании в составе топочных газов появляются угарный газ CO, водород H_2, углеводороды и сажа. Теоретический объем воздуха для полного сжигания 1 кг топлива с практической точностью определяется по формуле:

$$L_0 = 1.1 \frac{Q^{\text{р}}_{\text{н}}}{1000}; [м^3\ кг] , \quad (19)$$

где, $Q^{\text{р}}_{\text{н}}$ - низшая теплотворная способность топлива, ккал/кг.

Фактическое количество воздуха устанавливается по формуле:

$$L_q = \alpha L_0, \quad (20)$$

где, α - коэффициент избытка воздуха (принимается равным 1,4-1,6.)

Среднее значение температуры горения в топке при сжигании:
природного газа 1300°-1350°С;
тракторного керосина 1100°-1300°С.

Коэффициент полезного действия топки определяется с учетом отдельных потерь в ней по формуле:

$$q_m = 1-(q_1 + q_2 + q_3^m), \quad (21)$$

где, ($q_1 + q_2 + q_3^m$)-соответственно относительные потери энергии от химически неполного сгорания топлива, от механической неполноты сгорания топлива, от излучения тепла во внешнюю среду. Коэффициент полезного действия топки типа СТАМК-2 колеблется в пределах 0,68-0,78.

Основным недостатком существующих технологий является отсутствие связи между количеством тепла, нагнетаемым вентилятором в барабан и температурой внутри барабана. Собственно, температура внутри барабана может является функцией различных факторов, например: интенсивности поступления хлопка-сырца в барабан, частоты вращения барабана и др. Для устранения данного недостатка возможно введение обратной связи между температурой внутри барабана и интенсивностью нагнетания количества тепла вентилятором. Очевидным является определение температуры внутри барабана через терморезистор и преобразование его в напряжение, подаваемое в систему управления двигателя постоянного тока (ДПТ), который управляет вентилятором подачи теплоносителя.

Для решения поставленной выше задачи необходимо осуществить:

- выбор привода постоянного тока для управления вентилятором подачи теплоносителя и исследование его пусковых и регулировочных характеристик;

- расчет усилителя мощности управления ДПТ, работающего в вентиляторном режиме.

Функциональная схема САР процессом сушки хлопка-сырца (рис.12) содержит следующие основные элементы: усилитель мощности (УМ); двигатель постоянного тока (ДПТ); редуктор (РЕД), осуществляющий механическую связь с вентилятором (В); серводвигатель (СД), управляющий заслонкой (З), установленной на трубопроводе, электронный усилитель (У); измерительный мост (ИМ); датчик температуры (ДТ).

Датчик температуры (терморезистор) установлен у входа сырья из барабана. Теплый воздух нагоняется в барабан из топочной установки через заслон-

ку (3). Если температура в барабане равна заданной (нормативной), то разбаланс напряжения на выходе моста ($\overset{+}{-}\Delta U$) равен нулю и система находится в равновесном состоянии. При подаче в барабан влажного сырья температура в последнем изменится. Изменится и сопротивление на выходе измерительного моста. Появится сигнал рассогласования (ΔU) положительной или отрицательной полярности. В зависимости от полярности ΔU серводвигатель, вращаясь в ту или другую сторону, открывает или закрывает заслонку, тем самым увеличивая или уменьшая поток теплоносителя в барабан. Однако, данная схема имеет ряд недостатков, главным из которых является невозможность с должной точность регулировать положение заслонки, т.к. механическая система, установленная в трубу большого диаметра, имеет значительную погрешность открытого и запертого состояния, что не позволяет обеспечить точность управления тепловыми потоками [23].

Авторами разработан более совершенный способ управления режимами сушки хлопка-сырца. Предлагается регулирование потока теплоносителя не с помощью заслонки, а с помощью изменения частоты вращения вентиляторов, установленных в двух теплопроводах между барабаном и топочной установкой (рис 12). Сушка хлопка-сырца при этом осуществляется двумя потоками. Один поток направлен непосредственно в сушильную камеру (В2), второй (В1) в сушильную камеру через поток поступающего хлопка-сырца [24].

Усовершенствованная система автоматического регулирования состоит из двух каналов. Первый канал состоит последовательно соединённых регулятора напряжения (РН1), параметрического асинхронного двигателя (АД1), редуктора (РЕД.1) и вентилятора (В1). Второй канал спроектирован аналогично первому и состоит из тех же элементов (РН2, АД2, РЕД.2, В2). Управление тепловыми потоками осуществляется от задающего сигнал устройства (ЗУ), в котором формируется задающий сигнал в зависимости от импульсов, поступающих от датчиков температуры (ДТ) и влажности хлопка-сырца.

Расчёт устойчивости и показателей качества процесса регулирования по двум каналам дутьевых вентиляторов сушильной установки (рис.13) осуществлен по методике, используемой авторами выше. Полученные результаты (рис. 14), указывают на устойчивое состояние САР и ее удовлетворительные показатели качества процесса регулирования.

В настоящее время для сушки волокнистых материалов, например хлопка-сырца, на хлопкозаводах широко применяются барабанные сушилки типа 2СБ-10, СБО, СБТ, МС. Сушилки различаются внутренним конструктивным оформлением. Например, сушилки 2СБ-10 и СБО оснащены тормозным устройством и продольными решетками, а в СБО и СБТ имеется дополнительно очистительная секция. Данные сушилки имеют высокие показатели производительности по влажному хлопку-сырцу, однако эффективность влагоотбора достаточно низка [25].

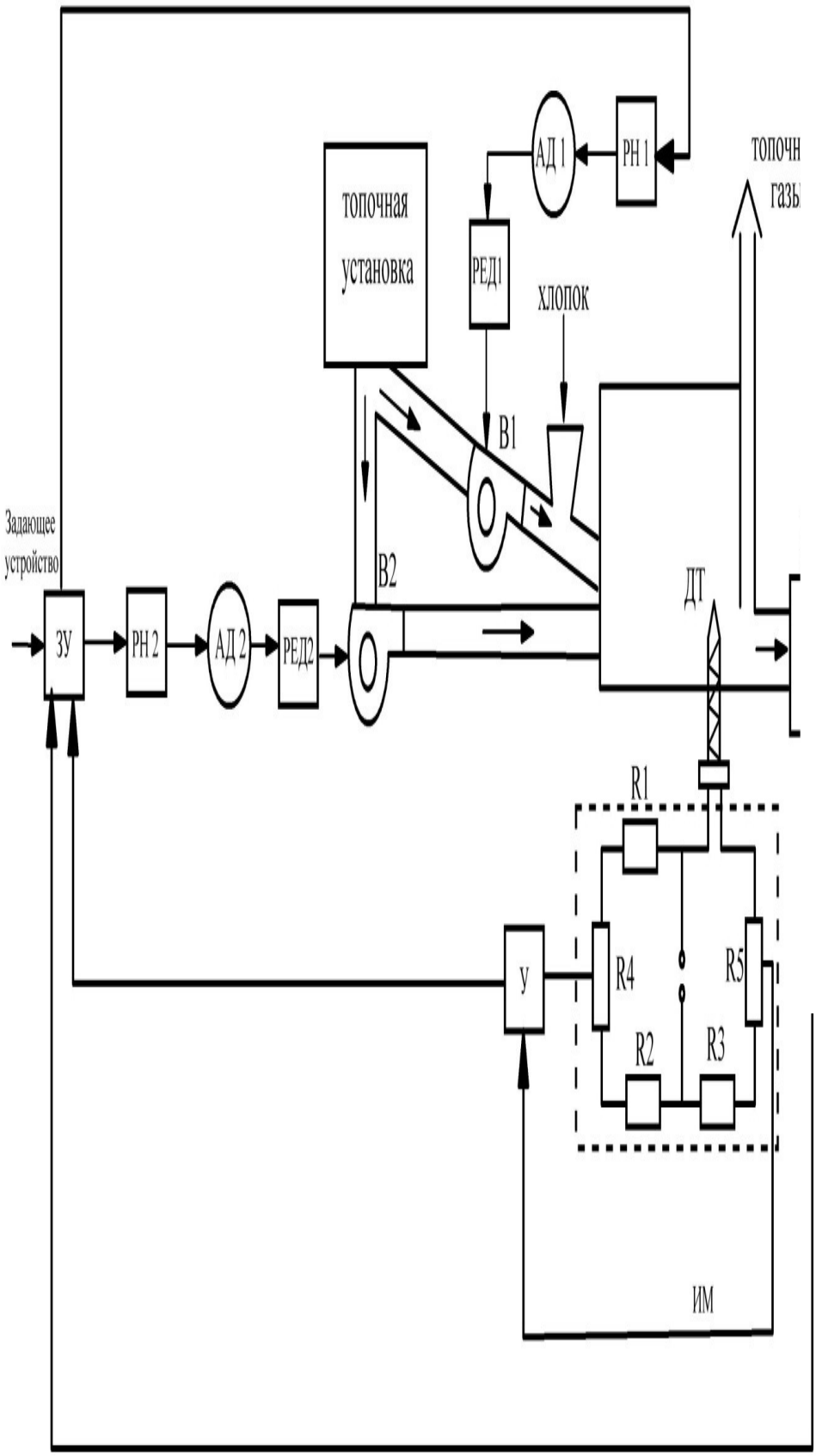


Рисунок 12 - Функциональная схема сушильного агрегата с автоматическим регулированием

Рисунок 13 - Усовершенствованная система автоматического регулирования процессом сушки хлопка-сырца в аппарате 2СБ-10

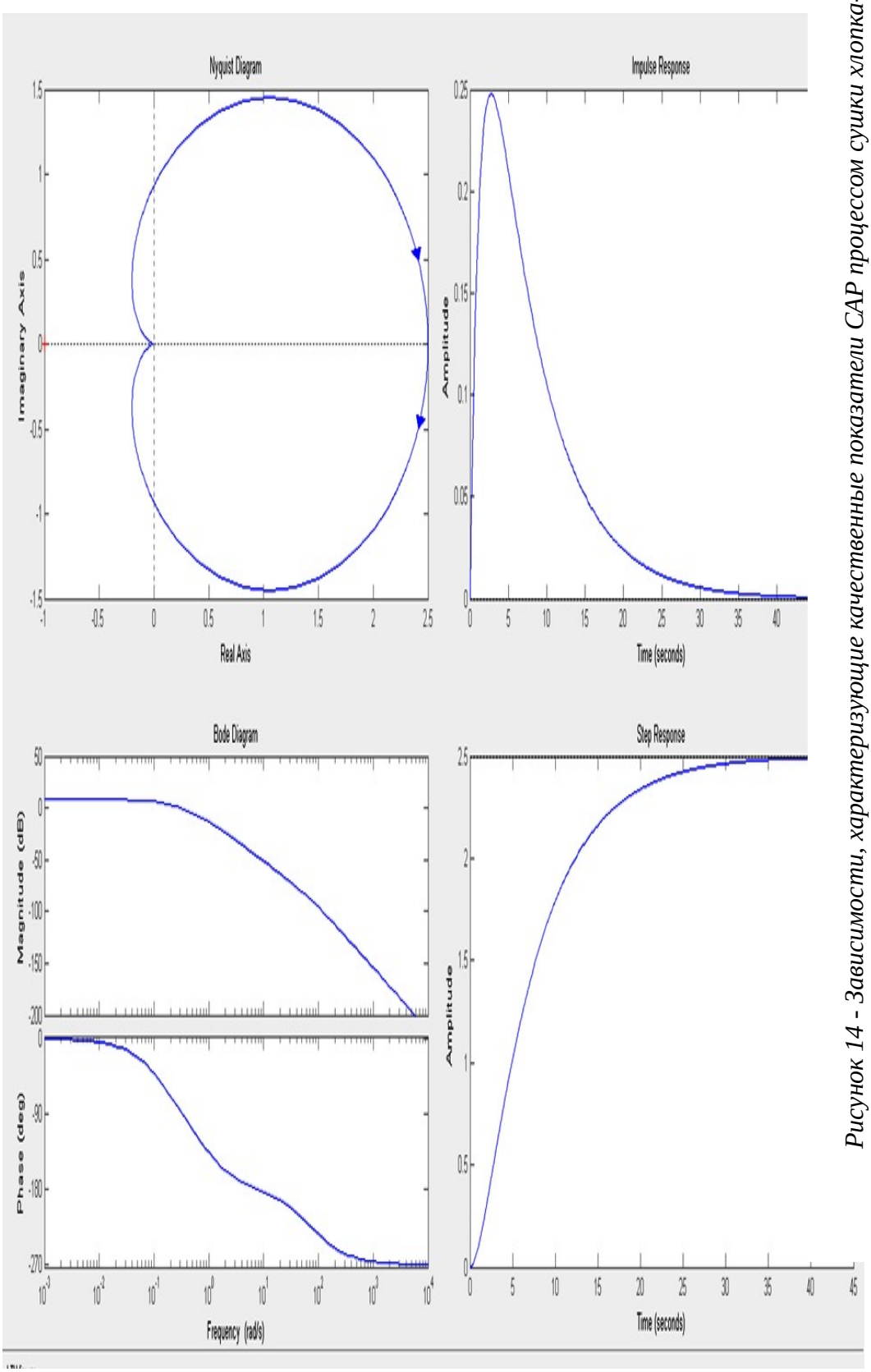


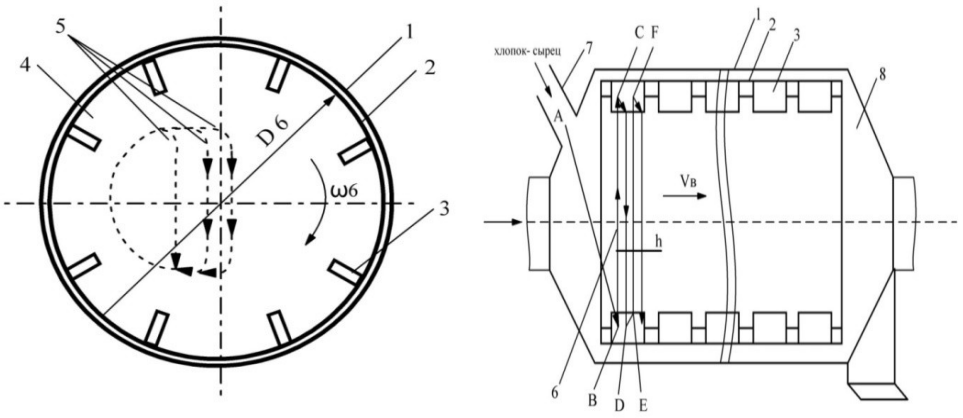
Рисунок 14 - Зависимости, характеризующие качественные показатели САР процессом сушки хлопка-сырца

2.3 РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ХЛОПКА-СЫРЦА

Совершенствование управляемых электротехнических комплексов для сушки хлопка-сырца является актуальной задачей. С целью частичной модернизации существующей системы сушки волокнистого продукта (хлопка-сырца), проведен анализ работы барабанной сушилки типа 2СБ-10, схема которой представлена на рис. 15 а, б., где 1 – корпус сушилки, 2 – обечайка барабана, 3 – лопасти, 4 – слой хлопка-сырца на обечайке и на лопастях, 5 – траектории падения комков хлопка-сырца с лопастей, 6 – траектория движения хлопка-сырца вдоль оси барабана, 7 – устройство для подачи влажного хлопка-сырца вовнутрь камеры сушилки, 8 – выводное устройство.

Определены наиболее характерные участки траектории движения хлопка-сырца в камере барабана. На рис.15а показана траектория падения комков хлопка с лопастей вращающего барабана. Хлопок начинает падать, когда угол наклона лопастей достигнет своего критического значения угла трения. При вращении барабана, когда лопасть окажется в вертикальном положении, весь сырец сброшен вниз, т. е. подъем хлопка с лопастями длится не более половины оборота барабана. На рис.15б показана траектория движения хлопка вдоль оси барабана: АВ – участок траектории при загрузке хлопка-сырца, ВС – подъем хлопка-сырца на лопастях и обечайке барабана, СД – участок траектории при падении комков хлопка-сырца, и далее происходит повторение цикла.

При падении хлопка-сырца из верхней части барабана на него дополнительно действует поток горячего воздуха, поступающего по прямотоку и движущегося со скоростью $V_в$. Под действием воздуха частицы хлопка смещаются в осевом направлении на величину h за один цикл. Величина h зависит от скорости воздуха $V_в$ и может быть величиной управляемой. Благодаря изменению величины h регулируется продолжительность нахождения хлопка-сырца внутри барабана. Это важнейший параметр, характеризующий эффективность работы барабанных сушилок [26].



а **б**

Рисунок 15 - Конструктивная схема барабанной сушилки 2СБ-10:
а-поперечный разрез
б-продольный разрез сушилки

Проанализировав возможные траектории падения комков хлопка, установлено, что хлопок-сырец взаимодействует с элементами барабана лишь на половине его сечения (левая часть барабана), правая часть сечения барабана работает вхолостую. Значительное количество горячего воздуха, подаваемого в сушилку, проходит мимо хлопковой массы, что снижает энергетические показатели управляемого электротехнического комплекса (УЭТК). Таким образом, в существующих барабанных сушилках неэффективно используются как технологический (около 50%), так и теплотехнический объёмы. В итоге более половины горячего теплоносителя проходит минуя поток хлопка-сырца. Это главный недостаток существующих барабанных сушилок для хлопка-сырца. Более эффективное перемешивание волокон хлопка-сырца может быть достигнуто за счет применения эффективного конструктивного решения, предусматривающего использование сушильного барабана со специальными криволинейными лопастями (рис. 16). Предлагается поочередное размещение в корпусе-2 барабана-3 на поверхности обечайки как обычных прямых лопастей-3, так и криволинейных-4. Угол наклона α рабочих поверхностей лопастей 4 становится критическим при $\alpha \geq \rho$, где ρ — угол трения хлопка о лопасти близко расположенных к вертикальной оси барабана. Такое решение позволяет транспортиро-

вать частицы хлопка-сырца по широкому вееру траекторий после падения с лопастей (показатель b может равняться ширине сечения барабана). Комки хлопка-сырца сбрасываются прямыми лопастями в левой части барабанного пространства, а криволинейными - ближе к центру и в правой части. Данное расположение лопастей позволяет снизить количество падающих комков, повысить удельные площади тепловоспринимающих поверхностей, наиболее полно использовать барабанное пространство и объёмы горячего воздуха, увеличить отбор влаги сушильным аппаратом.

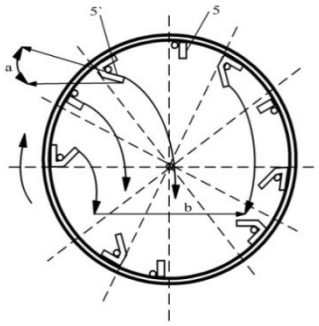


Рисунок 16 - Барабан с расположенными на цилиндрической поверхности криволинейными лопастями

Повышение энергетической эффективности использования теплоносителя и технологического объёма сушильной камеры (СК) может быть достигнуто за счет совершенствования системы управления тепловыми потоками [27].

При участии автора разработаны функциональная и структурная схемы модернизированного способа сушки хлопка-сырца (рис 17; 18 а,б). Сущность конструкции сводится к следующему. Сушильная камера состоит из корпуса 1, цилиндрического барабана 2, лопастей 3. Внутри основного цилиндрического сушильного барабана монтируется малый сетчатый барабан 4, с закрепленными в наружной части лопастями 5. Основная часть горячего воздуха (теплоносителя) проходит в кольцевом зазоре между цилиндрическим и малым барабанами, 30–40% подается через малый сетчатый барабан в правую часть камеры. Хло-

пок-сырец с лопастей основного барабана транспортируется на поверхность малого сетчатого барабана, который с установленными на внешней поверхности лопастями, дополнительно транспортирует падающие комки хлопка-сырца в правую часть камеры основного барабана.

Цилиндрический и малый сетчатые барабаны имеют индивидуальные регулируемые параметрические электроприводы переменного тока (6,7), скоростные диаграммы которых определяются режимами сушки. Подача теплоносителя в правую и левую части сушильной камеры осуществляется с помощью калориферов ($К_2$, $К_4$) и центробежных вентиляторов ($В_2$, $В_4$), вращающихся от регулируемых энергосберегающих электроприводов (8) и (9). Подача хлопка-сырца в сушильную камеру и его отбор после сушки, осуществляется транспортерами ($ТР_1$, $ТР_2$), линейная скорость которых регулируется электроприводами (10,11). Для разработки САР процессом сушки предусмотрены следующие датчики: датчик температуры теплоносителя внутри сушильной камеры (ДТ), датчики влажности хлопка-сырца на входе ($ДВ_1$) и выходе ($ДВ_2$) камеры, а также датчики частоты вращения ($ДЧ_1$ и $ДЧ_2$), обеспечивающие коррекцию скоростных режимов и интенсивность пуска и торможения УЭТК. Указанные электроприводы являются параметрическими, энергосберегающими переменного тока, выполненные на базе комплектных электроприводов серии КПЭ и состоящие из последовательно смонтированных модулей, реализующих схему: регулятор напряжения - асинхронный параметрический двигатель специальной конструкции - редуктор(привод барабанов).

По соответствующей функциональной схеме (рис. 17) разработана структурная схема системы автоматического регулирования процесса сушки хлопка-сырца (рис 18 а, б).

Предложенная система представляет из себя сложный многодвигательный управляемый электротехнический комплекс УЭТК, выполненный на базе комплектных параметрических электроприводов (ЭП) переменного тока с микропроцессорным управлением и типовых датчиков температуры, влажности и частоты вращения.

Система управления многодвигательным электроприводом спроектирован по модульному принципу: «Регулятор напряжения-асинхронный двигатель» специальной конструкции позволяет более рациональным образом решить комплекс вопросов, связанных с надежностью, быстродействием, точностью регулирования, снижением потерь исходного сырья, увеличением коэффициента полезного времени. Указанный электропривод позволяет реализовать программное управление частотой вращения многодвигательного электропривода в заданных пределах, а также обеспечить пусковые и тормозные режимы определенной интенсивности.

Разработанный управляемы электротехнический комплекс сушильной камеры (СК) должен обеспечить следующие основные требования эксплуатации.

Многодвигательный ЭП САР сушки хлопка-сырца должен обеспечить следующие основные требования [28].

1. Диапазон изменения частоты вращения сушильных барабанов должен быть равен диапазону изменения производительности.
2. Пуск двигателей приводов сушильных барабанов и вентиляторов подачи теплового агента должен быть синхронным, плавным с продолжительностью не более 5÷7 сек.
3. Электропривод сушильных барабанов должен обеспечить регулирование частоты вращения в диапазоне 5:1 и поддержание заданной частоты вращения с отклонением не более $\overset{+}{-}$ 0,5%.
4. Электропривод должен обеспечивать работу в двух основных режимах: в режиме стабилизации скоростных режимов цилиндрического и малого сетчатого барабанов сушильной камеры и в режиме обеспечения заданных температуры внутри сушильной камеры и влажности входящего и выходящего после сушки волокнистого материала. Во всем диапазоне изменения производительности необходимо автоматически поддерживать оптимальную частоту вращения с отклонением, равным 1÷2 %, кроме того система автоматического регули-

рования должна быть устойчивой во всех режимах и ограничивать имеющие место колебания температуры внутри сушильной камеры в установившимся режиме в пределах $2 \div 3\ ^0C$.

5. Задача проектирования сводится к разработке САР частоты вращения приводов вентиляторов подачи теплового агента в главный и малый сетчатые барабаны сушильной камеры и приводов цилиндрического и малого сетчатых барабанов с целью обеспечения реализации скоростных диаграмм в функции заданных значений температуры сушильного агента и влажности обрабатываемого волокнистого материала [29].

Разработанная система регулирования процессом сушки хлопка- сырца разделена на две пары управляемых электроприводов (рис 17).

Первая группа состоит: из привода цилиндрического (главного) барабана (6), состоящего из последовательно смонтированных регулятора напряжения ($РН_1$), асинхронного двигателя ($АД_1$) и редуктора ($Р_1$). К этой группе относится электропривод (9) подачи сушильного агента в цилиндрический барабан, состоящий из последовательно соединенных модульных блоков регулятора напряжения ($РН_2$), асинхронного двигателя ($АД_2$), редуктора ($Р_2$), передающий вращательное движение центробежному вентилятору ($В_2$). Указанная группа спроектирована для работы в следящем режиме. При включении ЭП цилиндрического барабана частота вращения ($АД_1$) будет расти, на выходе датчика частоты вращения ($ДЧ_1$) появится напряжение, которое поступит в суммарное устройство ($С_1$), куда одновременно направлен сигнал с блока задания (БЗ), сформированный таким образом сигнал поступает в систему управления ЭП подачи сушильного агента в цилиндрический барабан.

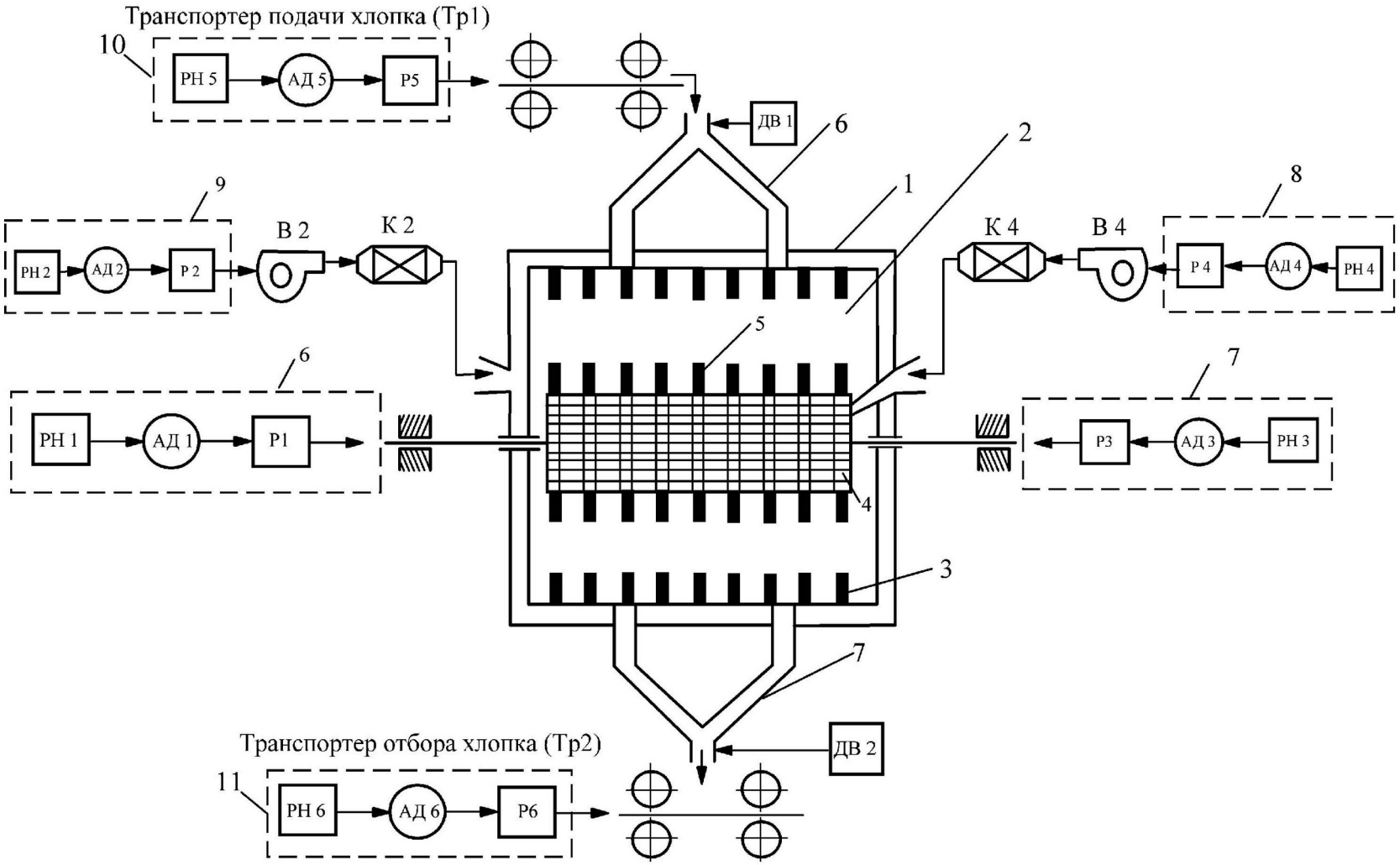


Рисунок - 17 Упрощенная функциональная схема усовершенствованного способа сушки хлопка-сырца

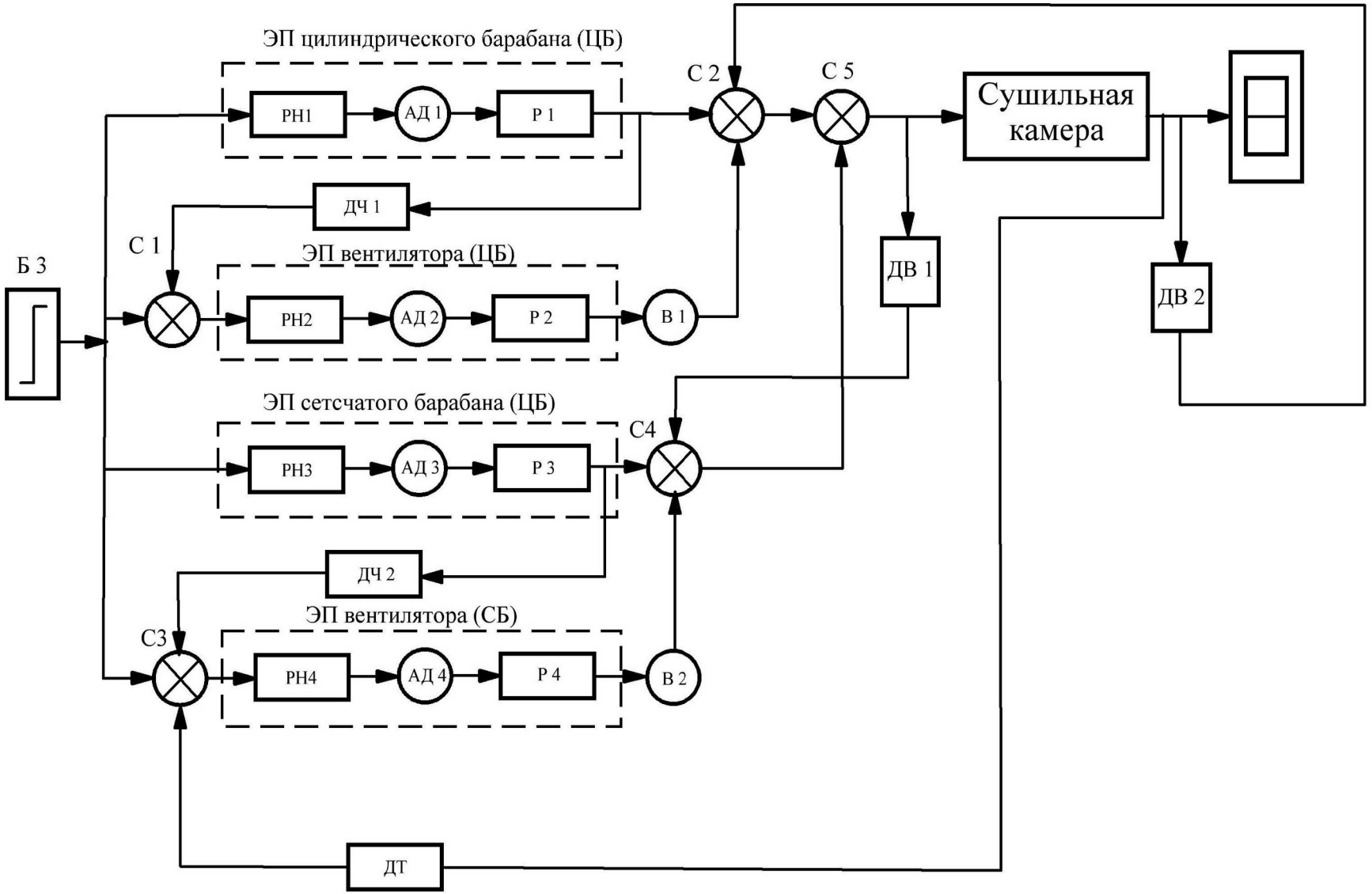


Рисунок 18а - Модернизированная структурная схема САУ процессом сушки хлопка-сырца

Двигатель ($АД_2$) начнет разгонятся и его частота вращения будет согласованно изменятся в соответствии с изменением частоты вращения ($АД_1$). Осуществится одновременный пуск двигателей ЭП (6 и 9). Система будет работать в следующем режиме и отслеживать любое изменение влажности ($ДВ_2$) хлопка на входе сушильной камеры от заданного сигнала, формируемого в суммирующем устройстве ($С_2$) из сигналов поступающих от каналов ЭП (6) и (9).

Вторая группа включает ЭП малого сетчатого барабана (7), состоящего из последовательно соединенных $РН_3$, $АД_3$, $Р_3$ и электропривода (8) вентилятора ($В_4$) подачи теплоносителя в полость малого сетчатого барабана, состоящего из $РН_4$, $АД_4$, $Р_4$, $В_4$. Вторая группа как и первая спроектирована относительно друг друга для работы в следящем режиме с целью обеспечения одновременного пуска электроприводов (7) и (8).

Сигнал управления второй группой ЭП формируется в $С_3$ из сигнала задания, соответствующего текущей частоте вращения $АД_3$, сигнал обратной связи по частоте вращения ($ДЧ_2$) и сигнала фиксирующего температуру теплоносителя (ДТ) в цилиндрическом барабане сушильной камеры. В суммирующем устройстве $С_4$ осуществляется корректировка управляющего сигнала формируемого второй группой ЭП с учетом поступающих импульсов с датчика влажности ($ДВ_1$), установленного на входе сушильной камеры.

В суммирующем устройстве $С_5$ формируется результирующий сигнал управления режимными показателями процесса сушки волокнистого материала, состоящий из управляющих импульсов, поступающих от первой и второй групп ЭП, учитывающих текущую температуру внутри сушильной камеры и влажность поступающего в сушильную камеру волокнистого продукта.

2.4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ВЫБОР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА СУШКИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

Методика выбора, анализа и расчета электромеханической системы с цифровым управлением процесса сушки волокнистого материала сводится к последовательной реализации элементов разработанной структуры исследования.

Главным стимулом развития процесса производства текстильных материалов служит достижение высокой производительности в неразрывной связи с качеством выпускаемой продукции на базе современного технологического оборудования, оснащенного управляемым электротехническим комплексом с широким использованием автоматизированного электропривода, электронных систем управления и микропроцессорной техники. Такие интегрированные системы применительно к производству первичной обработке волокнистых материалов обеспечивают автоматизированное управление процессом, позволяет осуществить направленный мониторинг всех технологических параметров и рабочих органов электромеханической системы управляемого комплекса. Как правило, используется двухуровневая система электронного управления, первый уровень предусматривает встроенный микропроцессор в каждой линии управления электроприводами, второй- предусматривает микро ЭВМ для координации управления процессом сушки волокнистых материалов [30].

Расчет устойчивости и показателей качества процесса регулирования по каналам дутьевых вентиляторов и двухдвигательного электропривода барабанов сушильной камеры осуществлен косвенными методами по стандартной программе в операционной системе «Matlab» в соответствии с разработанными функциональной и структурной схемами [31].

Учитывая, что свойства САР могут быть определены из частотных характеристик, определяемых по передаточным функциям (таблица 8), это делает характеристики наиболее удобным средством анализа и проектирования [32].

Таблица 8 – Передаточные функции элементов системы управления сушильной камеры.

п.п.	Обозначение элементов системы		Передаточные функции и их численные параметры
1	$РН_1$, $РН_2$, $РН_3$ $РН_4$	Регуляторы напряжения параметрического электропривода	$W_{РН_1(р)} = К_{РН_1}$=44; $W_{РН_2(р)} = К_{РН_2}$=35; $W_{РН_3(р)} = К_{РН_3}$=15 $W_{РН_4(р)} = К_{РН_4}$=35
2	$АД_1$, $АД_2$, $АД_3$ $АД_4$	Асинхронные параметрические электродвигатели специальной конструкции	$W_{ад(р)} = \frac{К_д}{(1+Тр)}$ $К_{д_1} = 0,4;\ К_{д_2} = К_{д_4} = 0,427;$ $К_{д_3}$=0,012; $Т_1 = Т_2 = Т_4 = 0,016с$; $Т_3$=0,06 с.
3	$Р_1$, $Р_2$, $Р_3$; $Р_4$	Редукторы	$W_{Р_1(р)} = К_{Р_1}$ $К_{Р_1} = 0,01$; $К_{Р_2} = 0,05$; $К_{Р_3} = 0,07;$ $К_{Р_4}$=0,05
4	$В_1$, $В_2$	Дутьевые центробежные вентиляторы	$W_{в(р)} = \frac{К_в}{(р+10)}$; $К_{В_1} = К_{В_2}$=30
5	$ДЧ_1$, $ДЧ_2$	Датчики частоты вращения	$W_{ДЧ1(р)} = К_{ДЧ_1}$=1,1; $W_{ДЧ2(р)} = К_{ДЧ_2}$=1,67;
6	$ДВ_1$, $ДВ_2$	Датчики влажности	$W_{ДВ1(р)} = К_{ДВ_1}$=0,2= $W_{ДВ2(р)}$

7	ДТ	Датчик температуры	$W_{ДТ\ (р)} = K_{ДТ} = 0{,}08$
8	СК	Сушильная камера	$W_{СК\ (р)} = \frac{K_0}{(T_0 p + 1)}$; $K_0 = 0{,}5$ с, T_0=50 с, τ=10 с.

Наиболее распространенным способом графического представления частотных характеристик является амплитудно-фазовая характеристика (АФХ)-диаграмма Найквиста. Частотный амплитудно-фазовый критерий является средством теоремы Коши и позволяет судить об устойчивости замкнутой системы посредствам исследования разомкнутой системы [33].

На рис. 19 представлена диаграмма Найквиста системы регулирования скоростными режимами сушильной камеры. Из анализа диаграммы разомкнутой системы видно, что точка (-1; +j0) не охватывается характеристикой, следовательно исследуемая САР является устойчивой. Для того, чтобы замкнутая система была устойчива, необходимо. чтобы все корни ее характеристического уравнения имели отрицательные вещественные части или, иначе говоря, лежали в левой комплексной полуплоскости как показано на карте нулей и полюсов (рис. 20).

Качество параметрически оптимизированного переходного процесса управления тепловым потоком исследовалось при подаче и снятия ступенчатого управляющего воздействия изменением скоростных режимов вентиляторов. Характеристика имеет плавный характер без перерегулирования. Установившейся процесс осуществляется не более чем 3÷5 с, что соответствует теплотехническому режиму сушки волокнистого продукта (рис.21). Импульсная переходная функция (рис.22) характеризует динамические свойства системы на воздействие в виде дельта-функции при нулевых начальных условиях. Функция выражает установившейся процесс в системе при любом воздействии в том случае, когда свободные колебания затухают [34].

Качественные показатели системы автоматического регулирования определены по ЛАФЧХ и диаграмме Никольса (рис. 23, 24) и сведены в таблице 8

Таблица 8 - Качественные показатели системы автоматического регулирования

$Д_v$, $с^{-1}$	ΔL, дб	Δφ, град	σ,%	$t_п$,с	M
Добротность системы	Запас устойчивости по амплитуде	Запас устойчивости по фазе	Max перерегулирование	Время переходного процесса	Число колебаний
41	8,5	52	1	3	1

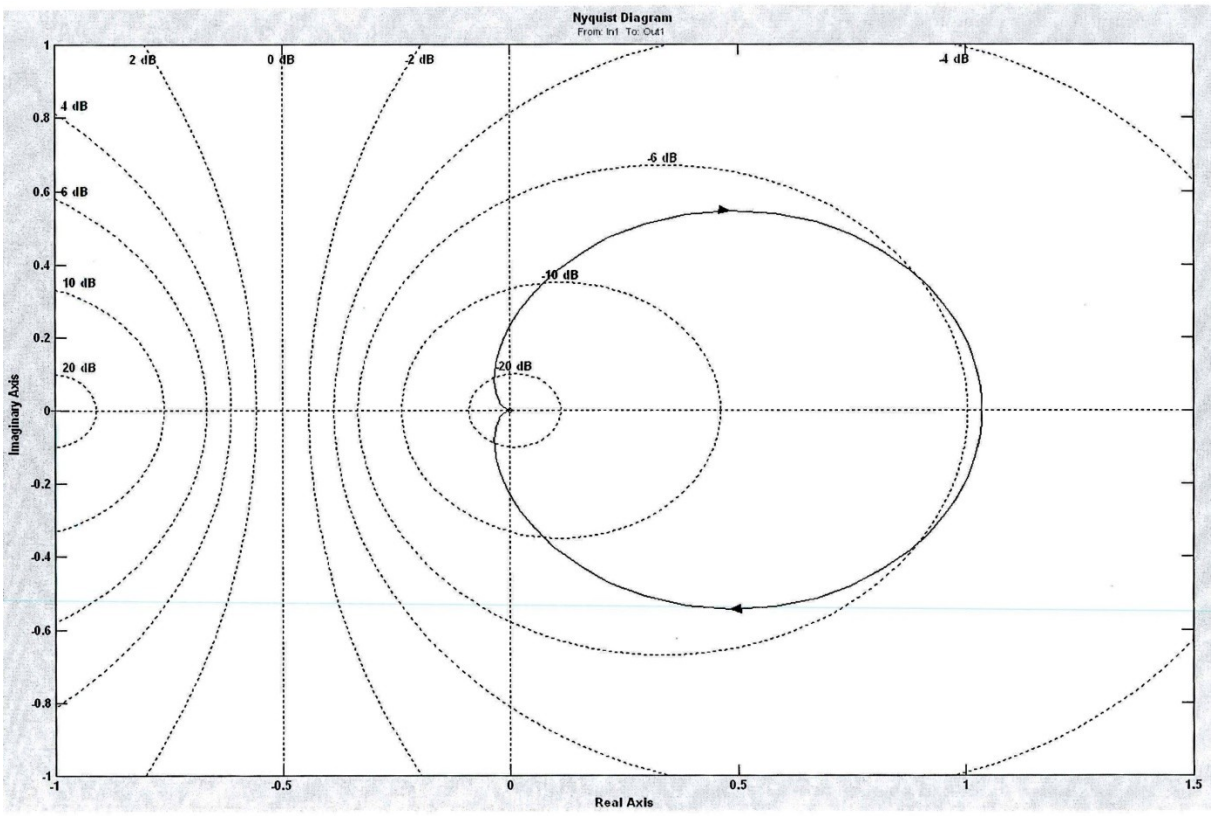


Рисунок 19 - Диаграмма Найквиста

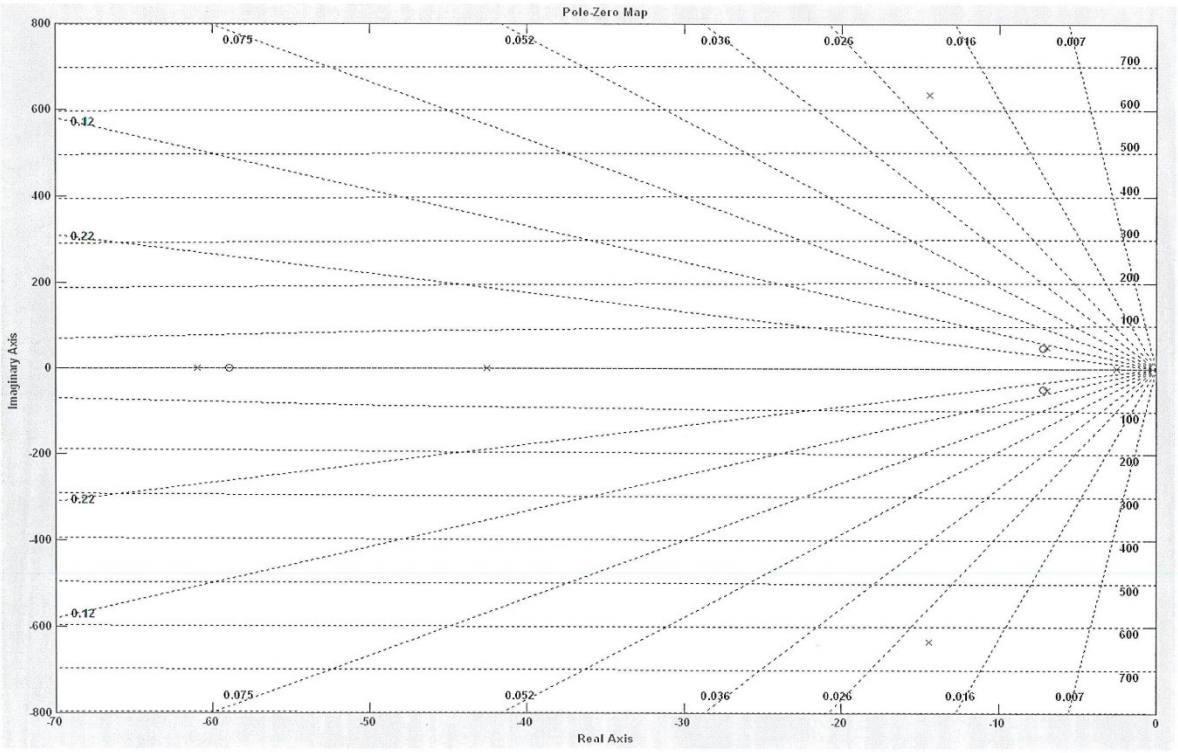


Рисунок 20 - Карта нулей и полюсов

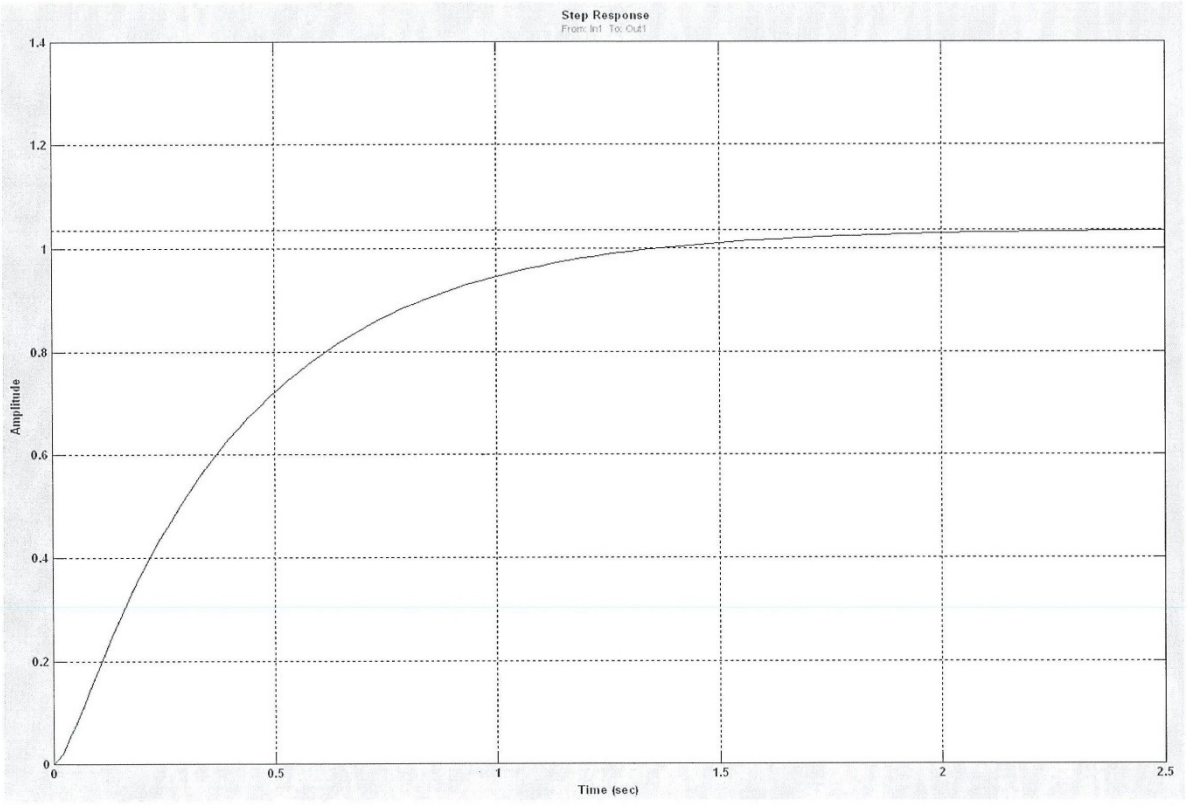


Рисунок 21 - Реакция системы на единичное ступенчатое воздействие

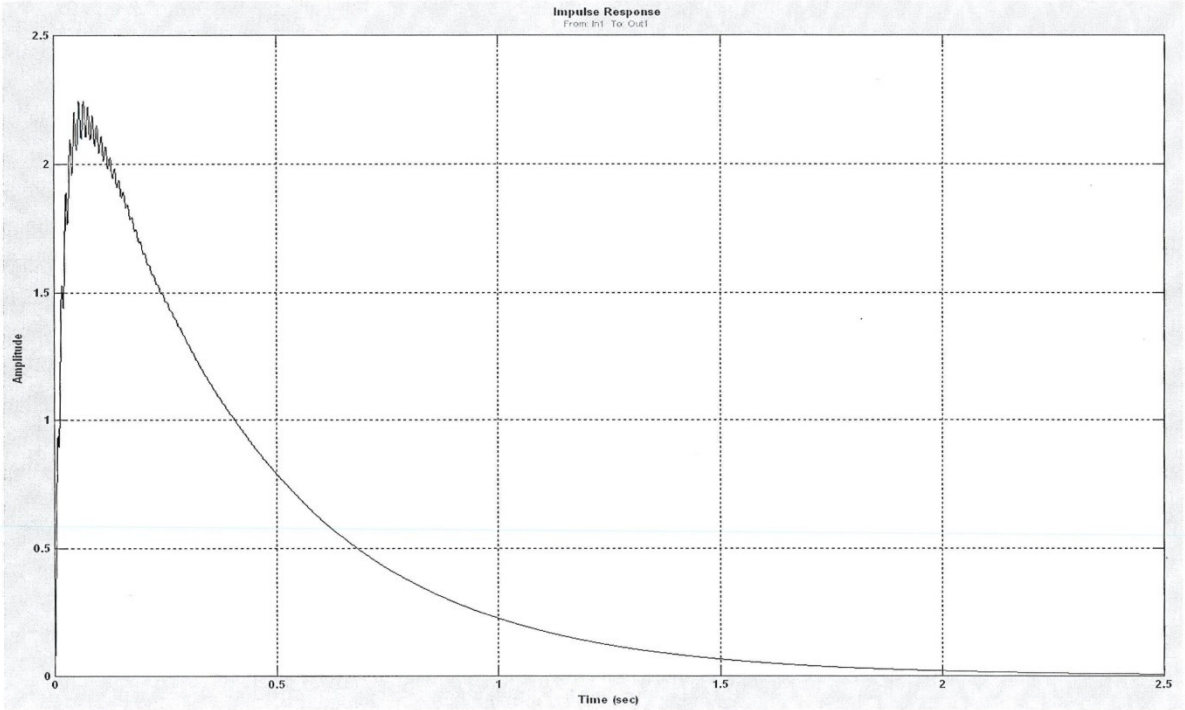


Рисунок 22 - Импульсная характеристика

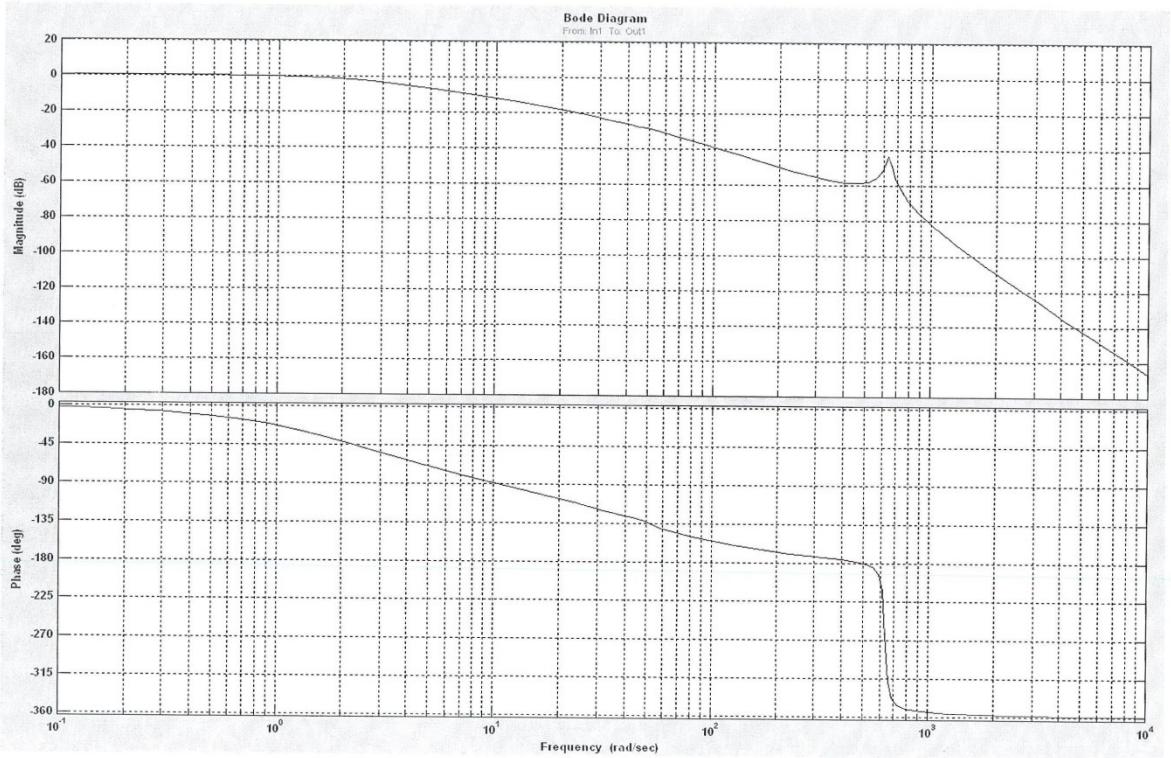


Рисунок 23 - Диаграмма Боде

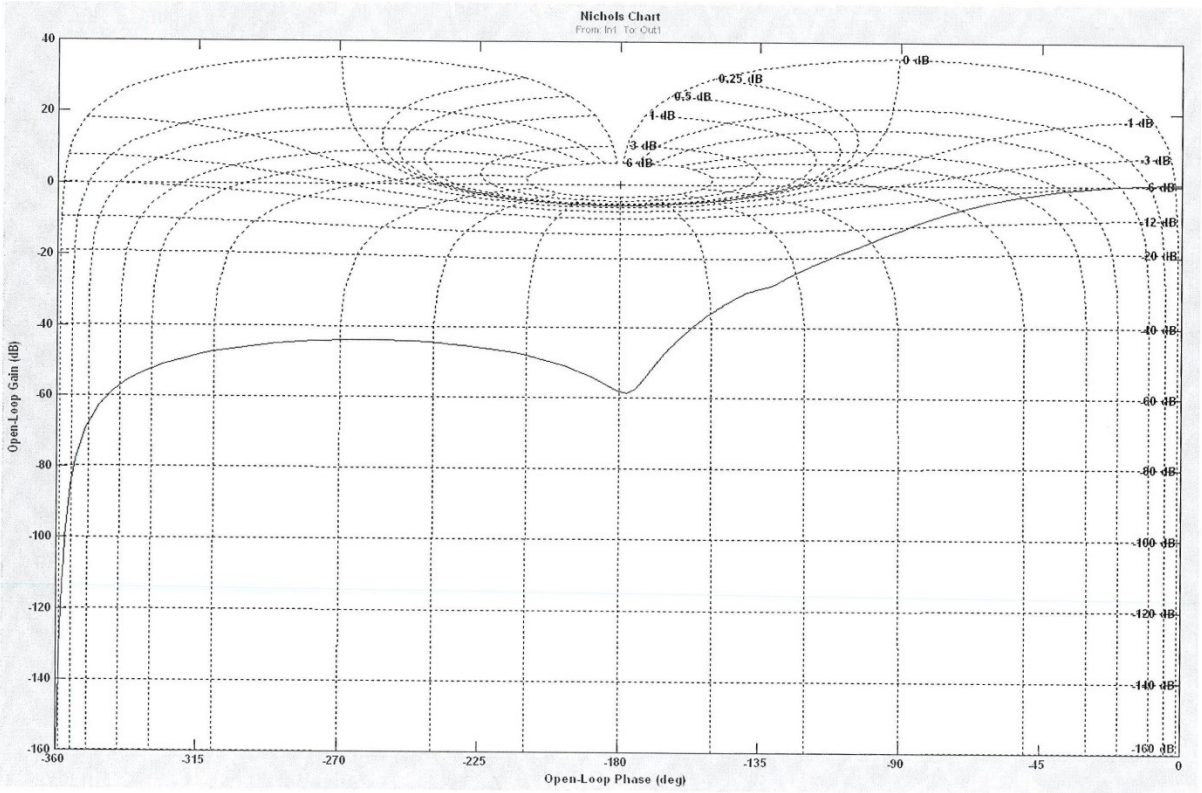


Рисунок 24 - диаграмма Никольса

ВЫВОДЫ

Осуществлен электротехнологический анализ энергоемкого сушильного оборудования с целью определения объекта исследования.

Определены научные направления и технологические решения обеспечивающие энергосбережение процессов сушки за счет оптимизации режимов эксплуатации электромеханических систем, включающие в себя экспериментально-теоретические исследования технологических режимов и параметров, энергетических характеристик и показателей асинхронных двигателей с многофункциональным регулятором напряжения.

Разработан более совершенный способ управления режимами сушки хлопка-сырца с помощью изменения частоты вращения вентиляторов, установленных в двух теплопроводах между барабаном и топочной установкой.

Разработаны функциональные и структурные схемы модернизированных систем управления тепловыми потоками в процессе сушки волокнистых материалов.

Выполнено проектирование УЭТК на базе современного оборудования, обеспечивающее процесс сушки волокнистого продукта.

Предложены технические решения по частичной модернизации управляемого электротехнического комплекса сушки хлопка-сырца. Составлена и направлена в Роспатент заявка на выдачу патента на полезную модель.

Осуществлен выбор элементов и проектирование САР процессом сушки хлопка-сырца.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ ПРОИЗВОДСТВА СУШКИ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА.

3.1 КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ, НЕЙРОННЫМ СЕТЯМ И ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМАМ

Большинство промышленных объектов является сложными слабо формализуемыми системами, это обусловливает необходимость применения инновационных методов моделирования в условиях неопределенности связи между входными и выходными переменными. На современном этапе развития сложных электроэнергетических систем становится особенно актуальным максимальное снижение затрат на решение задач, связанных с управлением, оптимизацией и планированием их режимов. Существующая вычислительная техника и новые методы и модели программирования позволяют реализовать довольно сложные, но в то же время эффективные алгоритмы. Исследования и

практический опыт показывают, что наиболее перспективным направлением в области прогнозирования на сегодняшний день являются [35]:

- нечеткая логика, которая точно описывает динамические свойства энергетических объектов;
- искусственные нейронные сетей (ИНС), позволяющие более точно моделировать и прогнозировать режим работы;
- генетические алгоритмы.

Один из видов интеллектуальных методов, предлагаемых к рассмотрению, это нечеткая логика. Она расширяет возможности классической логики, позволяя применять концепцию неопределенности в логических выводах. Аппарат нечеткой логики столь же строг и точен, как и классический, но вместе со значениями "ложь" и "истина" он позволяет оперировать значениями в промежутке между ними [36] (рис. 25).

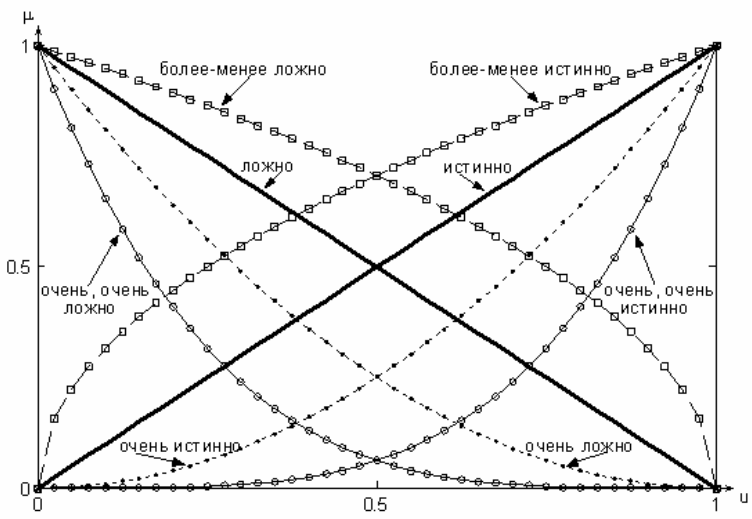


Рисунок 25 - Пример работы аппарата нечеткой логики

Классический модуль нечеткого управления состоит из блока фаззификации, базы правил, блока вывода и блока деффаззификации (рис. 26)

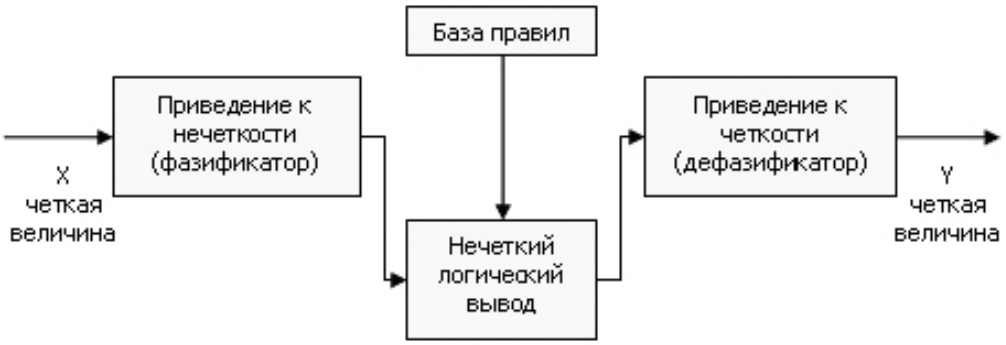


Рисунок 26 - Классический модуль нечеткого управления

База правил- это множество нечетких правил Rk, где k=1,…,N вида Rk:

Если (x_1 это A_1^k и x_2 это A_2^k …и x_n это A_n^k) Тогда (y_1 это B_1^k и y_2 это B_2^k …и y_n это B_n^k), где N- количество нечетких правил, A_1^k B_1^k, - нечеткие множества, x_1,x_2,…,x_n- входные переменные нечеткой модели примем:

$$(x_1, x_2, \dots, x_n)T = x \in X_1 * X_2 * \dots * X_n, \quad (22)$$

y_1,y_2,…,y_m- выходные переменные лингвистической модели примем:

$$(y_1, y_2, \dots, y_n)T = y \in Y_1 * Y_2 * \dots * Y_n. \quad (23)$$

Каждое правило состоит из части «Если» называемого посылкой и части «Тогда» называемой следствием. Посылка содержит условие, а следствие содержит вывод.

Блок фаззификации: система управления с нечеткой логикой оперирует нечеткими множествами, поэтому конкретное значение $\bar{x} = (\overline{x_1}, \overline{x_2}, \dots, \overline{x_2})^T$ входного сигнала подлежит фаззификации, в результате которой ему будет сопоставлено нечеткое множество A. Эта операция осуществляется с помощью вычисления функции принадлежности Гауссова, которая имеет вид:

$$\mu(x) = exp\{-(x - b_1 b_2)^2\}. \quad (24)$$

Блок выработки решений. Допустим, что на вход блока выработки решения подано нечеткое множество A. На выходе этого блока также появится соответствующее нечеткое множество. На выходе блока выработки решения в соответствии с обобщенным нечетким правилом получаем N нечетких множеств $\overline{B_k}$. При этом можно задать функцию принадлежности:

$$\mu_{B^k}(x) = sum\,(\mu_A(x)^T * \mu_{A^k \to B^k}(x, y)). \quad (25)$$

Блок дефаззификации. На выходе блока выработки решения формируется N нечетких множеств B^k с функциями принадлежности $\mu_{B^k}(y)$. Значение $\bar{y}$ можно рассчитать следующими способами:

1. Метод дефаззификации по среднему центру

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_{B^k}(y^k) y^k}{\sum_{i=1}^{N} \mu_{B^k}(y^k)}, \quad (26)$$

где, y^k–точка в которой μ_{B^k} принимает максимальное значение.

2. Метод дефаззификации по сумме центров

$$y = \frac{\int_Y y \sum_{i=1}^{N} \mu_{B^k}(y)\,dy}{\int_Y \sum_{i=1}^{N} \mu_{B^k}(y)\,dy}. \quad (27)$$

3. Метод центра тяжести

$$y = \frac{\int_Y y\, \mu_{B^k}(y)\,dy}{\int_Y \mu_{B^k}(y)\,dy}. \quad (28)$$

Для построения нечетких регуляторов обычно используют П, И, ПИ и ПД ПД+И, ПИ+Д и ПИД-законы регулирования. В качестве входных сигналов для системы нечеткого вывода используют сигнал ошибки, приращение ошибки,

квадрат ошибки и интеграл от ошибки. Разработка и реализация ПИД-регуляторов на базе нечеткой логики является перспективной областью развития автоматизации технологических процессов и производств.

Нейронные сети, как и нечеткая логика, используются в ПИД-регуляторах. Она обладает способностью "обучаться", что позволяет использовать опыт эксперта для обучения и настройки коэффициентов ПИД-регулятора [37].

В отличие от нечеткого регулятора, где эксперт должен сформулировать правила настройки в лингвистических переменных, при использовании нейронной сети от эксперта не требуется формулировка правил - достаточно, чтобы он несколько раз сам настроил регулятор в процессе "обучения" нейронной сети.

Нейронные сети были предложены в 1943 г. Мак-Каллоком и Питтсом как результат изучения нервной деятельности и биологических нейронов. Искусственный нейрон представляет собой функциональный блок с одним выходом y и n входами $x_1, x_2, \ldots x_n$, который реализует в общем случае нелинейное преобразование [38]:

$$y = F(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i + b), \quad (29)$$

где, w_i - весовые коэффициенты (параметры) при входных переменных x_1; b - постоянное смещение;

$F(\blacksquare)$ - функция активации" нейрона, например, вида:

$$F(z) = \frac{1}{(1+\exp(-az))}, \quad (30)$$

где, a - некоторый параметр.

Нейронная сеть, рис. 27, состоит из множества связанных между собой нейронов, количество связей может составлять тысячи [39]. Благодаря нелинейности функций активации и большому количеству настраиваемых коэффициентов нейронная сеть может выполнять нелинейное отображение множества входных сигналов во множество выходных.

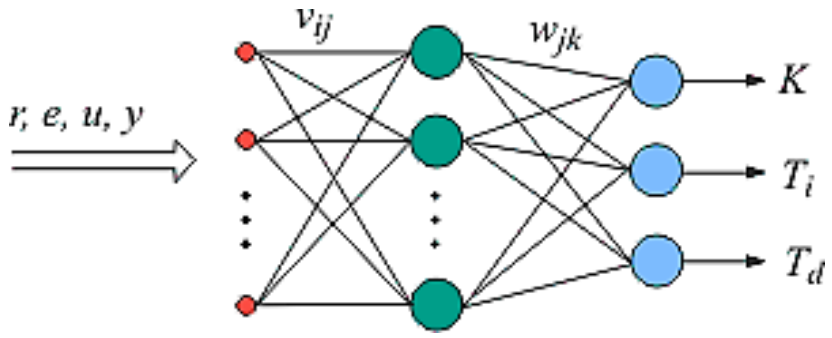


Рисунок 27 - Структура ПИД-регулятора с блоком автонастройки на основе нечеткой логики

Типовая структура системы автоматического регулирования с ПИД-регулятором и нейронной сетью в качестве блока автонастройки показана на рис. 28.

Нейронная сеть NN в данной структуре выполняет роль функционального преобразователя, который для каждого набора сигналов r, e, u, y

вырабатывает коэффициенты ПИД-регулятора K,Ti, Td.

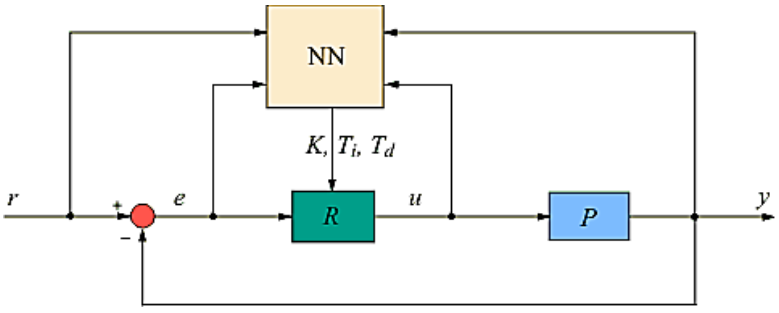


Рисунок 28 - Структура ПИД-регулятора с блоком автонастройки на основе нейронной сети NN

Самой сложной частью в проектировании регуляторов с нейронной сетью является процедура обучения. "Обучение" состоит в идентификации неизвестных параметров нейронов w_i, b и a. Для обучения нейронной сети обычно

используют методы градиентного поиска минимума критериальной функции

$\varepsilon = (u^* - u)^2$, зависящей от параметров нейронов. Процесс поиска является итерационным, на каждой итерации находят все коэффициенты сети, сначала для выходного слоя нейронов, затем предыдущего, и так до первого слоя (метод обратного распространения ошибки). Используются также другие методы поиска минимума, в том числе генетические алгоритмы, метод моделирования отжига, метод наименьших квадратов [39].

Процесс обучения нейронной сети выглядит следующим образом. Эксперту предоставляют возможность подстраивать параметры регулятора K, Ti, Td в замкнутой системе автоматического регулирования при различных входных воздействиях r(t).

Предполагается, что эксперт умеет это делать с достаточным для практики качеством. Временные диаграммы (осциллограммы) переменных r, e*, u*, y*, полученные в системе, подстраиваемой экспертом, записываются в архив и затем подаются на нейронную сеть, подключенную к ПИД-регулятору. После выполнения процедуры обучения параметры нейронной сети заносятся в блок автонастройки (рис. 29).

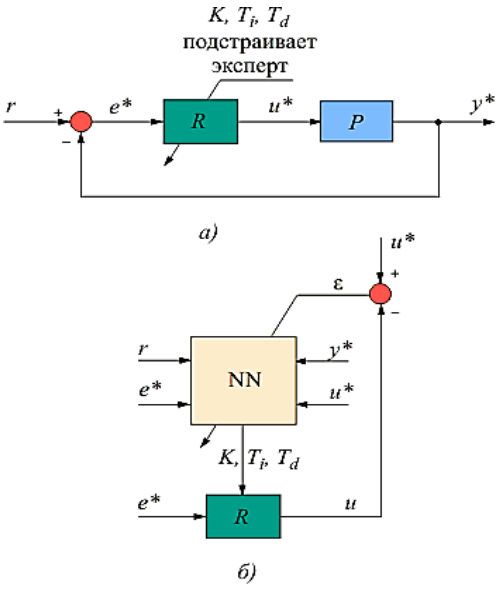


Рисунок 29 - Схема обучения нейронной сети в блоке автонастройки

В соответствии с теорией нейронных сетей, обученная нейронная сеть должна вести себя так же, как и эксперт, причем даже при тех входных воздействиях, которые не были включены в набор сигналов, использованных при обучении.

Длительность процесса обучения является основной преградой на пути широкого использования методов нейронных сетей в ПИД-регуляторах. Другими недостатками нейронных сетей являются невозможность предсказания погрешности регулирования для входных воздействий, которые не входили в набор обучающих сигналов; отсутствие критериев выбора количества нейронов в сети, длительности обучения, диапазона и количества обучающих воздействий.

Генетический алгоритм-это алгоритм позволяющий, найти решение аналитически не разрешимых задач, используя последовательный подбор и комбинирование исходных параметров с использованием механизмов, похожих на биологические. Существенным их достоинством является отсутствие проблем со сходимостью и устойчивостью. Эти методы используются для идентификации моделей объектов управления, для поиска оптимальных параметров регулятора и положений функций принадлежности в фаззи-регуляторах, а также для обучения нейронных сетей. Чаще всего генетические алгоритмы используются совместно с нейронными сетями и регуляторами с нечеткой логикой [40].

Недостатком генетических алгоритмов является большое время поиска экстремума.

Идею генетических алгоритмов применительно к решению математических задач сформулировал Дж. Холланд в 1962 г., используя понятия генов, хромосом, скрещивания, мутация, селекции, репродукции. Основной идеей является прямое подобие принципу естественного отбора, когда выживают наиболее приспособленные особи.

Для применения генетических алгоритмов необходимо преобразовать переменные, фигурирующие в условии задачи, в генетические переменные. Такое преобразование задается схемой кодирования. Переменные могут быть пред-

ставлены в двоичной форме, в форме действительных десятичных чисел или в другой форме, в зависимости от смысла решаемой задачи.

Классический генетический алгоритм состоит из следующих шагов [41]:

1. Выбор исходной популяции хромосом размера N.
2. Оценка приспособленности хромосом в популяции.
3. Проверка условия остановки алгоритма.
4. Селекция хромосом.
5. Применение генетических операторов.
6. Формирование новой популяции.
7. Переход к п. 2.

Для работы алгоритма нужно задать нижнюю и верхнюю границы изменения искомых параметров, вероятность скрещивания, вероятность мутации, размер популяции и максимальное количество поколений.

Исходная популяция хромосом генерируется случайным образом. Приспособленность хромосом оценивается с помощью целевой функции в кодированной форме. Далее, хромосомы с лучшей приспособленностью собираются в группу, в пределах которой выполняются генетические операции скрещивания или мутации. Скрещивание позволяет получить от двух родителей перспективного потомка. Оператор мутации вносит изменения в хромосомы. В случае двоичного кодирования мутация состоит в изменении случайного бита в двоичном слове.

Пример кодирования трех коэффициентов ПИД-регулятора для применения в генетических алгоритмах приведен на рис. 30.

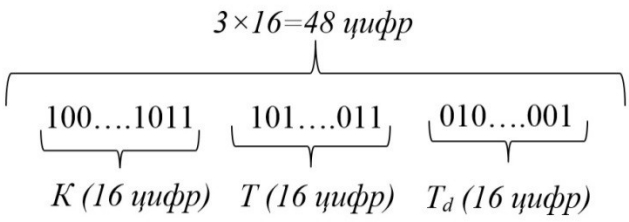


Рисунок 30 - Пример кодирования коэффициентов регулятора для использования в генетическом алгоритме

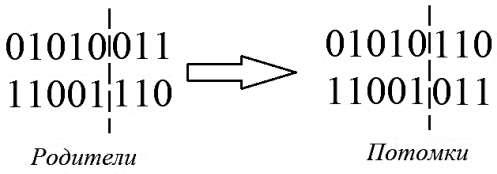


Рисунок 31 - Пример операции скрещивания

Операция скрещивания состоит в обмене генетическим материалом между хромосомами (родителями) для того, чтобы получить новую хромосому (потомка). Существует много различных форм операторов скрещивания. Один из них состоит в том, что в двух родительских хромосомах случайным образом выбирается некоторая позиция (рис. 31), затем происходит обмен генетической информацией, расположенной справа от выбранной позиции.

После выполнения генетического алгоритма производят декодирование двоичного представления в инженерные величины.

Оценка приспособленности хромосом в популяции для оценки коэффициентов ПИД-регулятора может быть выбрана, к примеру, как:

$$J = \frac{1}{\int_0^t t|e(t)|dt}, \qquad (30)$$

где, $e(t)$ - текущее значение ошибки регулирования; t - время.

Селекция хромосом осуществляется методом рулетки. На колесе рулетки имеются секторы, причем ширина сектора пропорциональна функции приспособленности. Поэтому чем больше значение этой функции, тем более вероятен отбор соответствующей ей хромосомы.

Проведенный обзор охватывает наиболее перспективные интеллектуальные методы автоматизации технологических процессов и производств, такие как: нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы.

Для частичной модернизации процесса сушки волокнистого материала (хлопка-сырца), автором предлагается применение регулятора напряжения на

основе нечеткой логики, для повышения энергетической эффективности использования теплоносителя и технологического объёма сушильной камеры (СК), за счет совершенствования системы управления тепловыми потоками на базе нечеткой логики. Предложенный интеллектуальный метод обладает высокой точностью процесса регулирования, что улучшит качественные показатели изучаемого технологического процесса [42].

3.2 ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА В АСИНХРОННОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ СУШИЛЬНОГО АППАРАТА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

Энергосберегающие режимы в сушильном аппарате обеспечивают параметрические электроприводы с асинхронным электродвигателем серии КПЭ с многофункциональным регулятором напряжения МРН 000.

Известно, что наибольший коэффициент полезного действия (КПД) и наименьшие потери в асинхронном двигателе (АД) при номинальном напряжении питания приходятся на область моментов нагрузки 75-85% от номинального момента АД. Вместе с тем в ряде отраслей промышленности, в том числе и текстильной, АД работает с меньшей нагрузкой и, следовательно, работает с низким КПД.

В установившемся режиме потери в АД при постоянной частоте питающего напряжения и заданном моменте нагрузки на валу полностью определяются магнитным потоком АД. Изменяя приложенное к АД напряжение статора, а следовательно, и ток намагничивания и поток, можно получить минимум потерь и максимум КПД для каждого значения момента нагрузки. Близким по энергетическим показателям к режиму минимальных потерь в АД является минимум действующего значения тока статора. Режим минимума действующего значения тока статора является оптимальным для реализации в системе тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель (ТРН - АД).

Асинхронный электродвигатель в системе ТРН – АД можно рассмотреть как объект управления, в котором регулируемой координатой является действующее значение силы тока статора (I_s), управляющим воздействием – действующее значение напряжения статора (U_s), а возмущающим воздействием – момент нагрузки (М). Расчетная зависимость $I_s = f(U_s, M)$ для АД 4А112М4 без учета зависимости $L_m(I_m)$ показана на рис.40

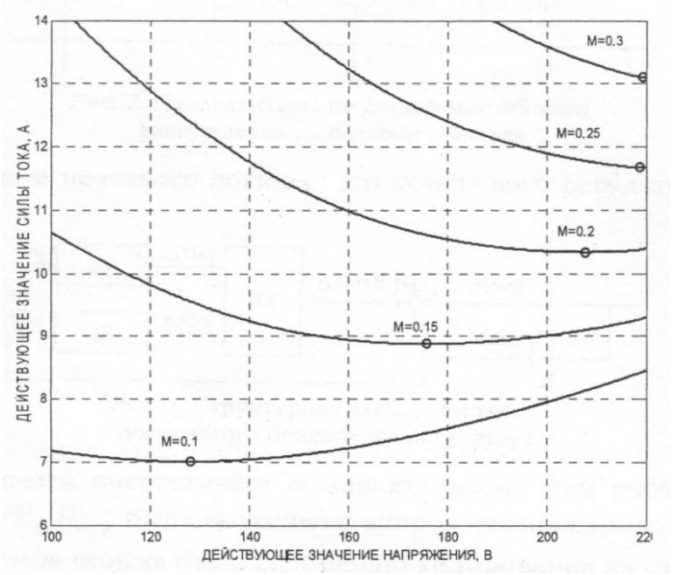


Рисунок 32 - Характеристики двигателя $I_s = f(U_s, M)$ при различных моментах нагрузки

Представленная зависимость имеет явно выраженный экстремум - минимум, для отыскания которого необходимо использовать методы оптимизации [43]. Однако, не все методы оптимизации применимы, т.к. зависимость $I_s = f(U_s, M)$ не задана аналитически и изменяется в процессе работы АД. Также невозможно применить методы оптимизации, требующие задания интервала поиска.

Для определения экстремума функций, представленных на рис. 32, возможно применение методов поиска, основанных на алгоритмах нечеткой логики [44,45].

При оптимизации энергетических характеристик электроприводов, построенных по системе тиристорный регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель возможно два пути:

• построение системы управления с заранее заданной регулировочной характеристикой и обратной связью по возмущению;

• система с поиском экстремального значения регулируемой координаты.

Рассмотрим систему с поиском экстремального значения регулируемой координаты. Для системы ТРН – АД решение задачи оптимизации энергетических характеристик заключается в определении значения угла управления, которому соответствует минимальное значение действующего тока статора. Особенностью оптимизации энергетических характеристик в системах ТРН – АД является отсутствие четкого интервала значений углов управления [α_{min} α_{max}], на которых производится поиск экстремума.

В качестве алгоритмов функционирования нечеткого логического вывода в настоящее время наиболее часто используются модели Мамдани, Такаги – Сугено [46]. Порядок синтеза нечетких регуляторов выполняется в соответствии с [47]. В данном случае синтез нечеткого логического регулятора выполнялся с использованием модели Мамдани.

База логических правил для нечеткого регулятора разрабатывается исходя из решаемой задачи. Исходными данными для построения базы правил является качественная (лингвистическая) информация.

На рис. 33 представлено разделение области рассуждения на подпространства с обозначенными правилами.

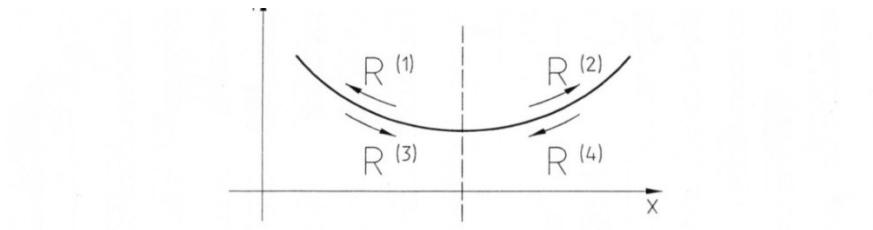


Рисунок 33 - Предварительное разделение области рассуждения на подпространства

Структурная схема нечеткого логического поискового регулятора показана на рис.34

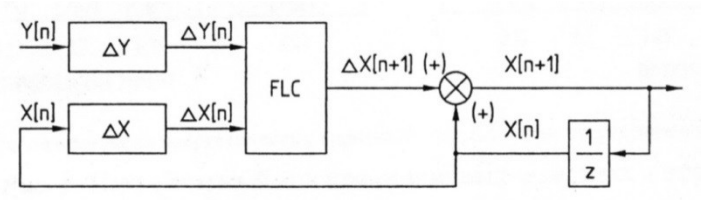


Рисунок 34 - Структурная схема нечеткого логического поискового регулятора

Для точного расчета энергетических характеристик при работе на нелинейном участке зависимости $\Psi_m(i_m)$ выполнена аппроксимация кривой намагничивания. Для проверки алгоритмов поиска было выполнено кодирование на языке С для устройства на базе микроконтроллера ATmega16 (ATMEL) [48]. Расчетная и функциональная схемы для проверки алгоритма оптимизации энергетических характеристик системы ТРН–АД представлены на рис.35

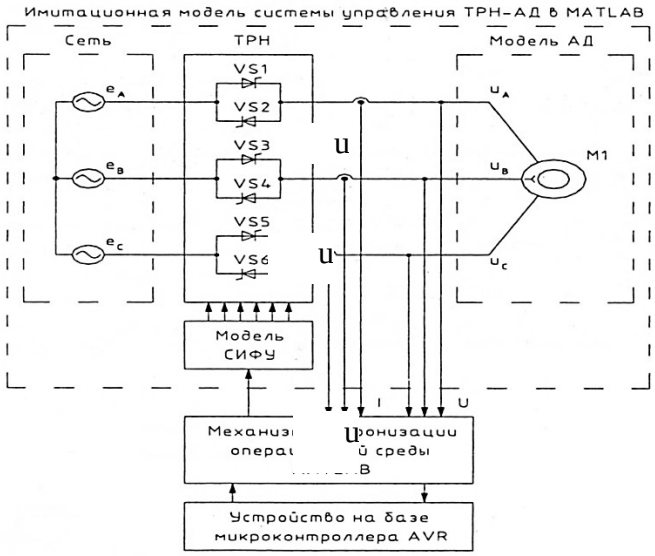


Рисунок35 - Функциональная схема системы ТРН-АД

На рис. 36 показаны потребляемый ток и потребляемая активная мощность АД в системе ТРН - АД при различных моментах нагрузки.

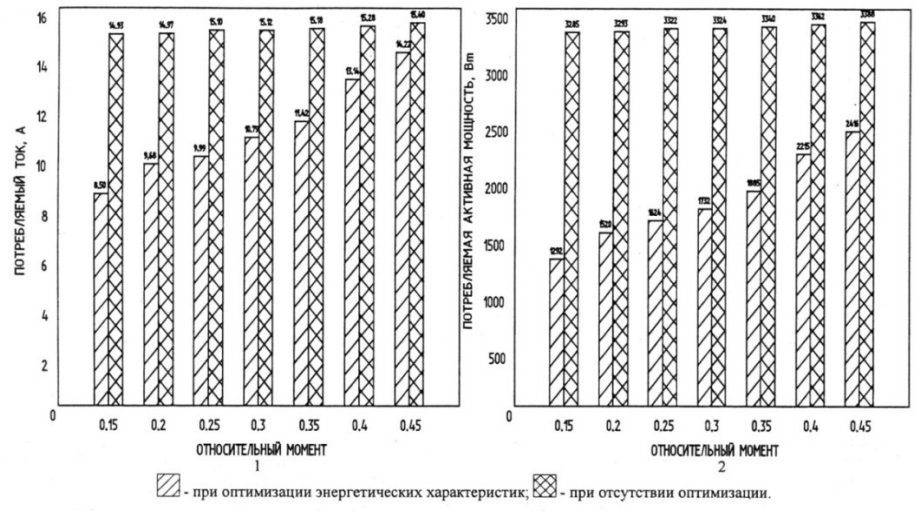


Рисунок 36 - Потребляемый ток при различных моментах нагрузки

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что применение нечеткого регулятора тока оправдано для решения задачи оптимизации энергетических характеристик в системе ТРН - АД. Алгоритм нечеткого логического поиска сохраняет также свою эффективность при изменении параметров АД.

3.3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЭТК ПРОЦЕССА СУШКИ ХЛОПКА-СЫРЦА

Осуществлен выбор электротехнических устройств, предназначенных для реализации САР теплового потока внутри сушильного агрегата и скоростного режима центробежных вентиляторов, а так же двух сушильных барабанов для сушки волокнистого материала хлопка-сырца. При проектировании были использованы следующие устройства:

1. тиристорный регулятор напряжения ТРМ-ПИД;
2. электродвигатель типа КПЭ;
3. вентилятор;
4. преобразователь (датчик) частоты;
5. Промышленный калорифер;
6. промышленный датчик влажности.
7. Редуктор.

На рис. 37 представлена структурная схема САР с режима и температуры, спроектированные на базе выбранных устро

Все устройства, приведенные выше, выпускаются с ыми заводами-изготовителями. Рассмотрим основные характер кдого из устройств.

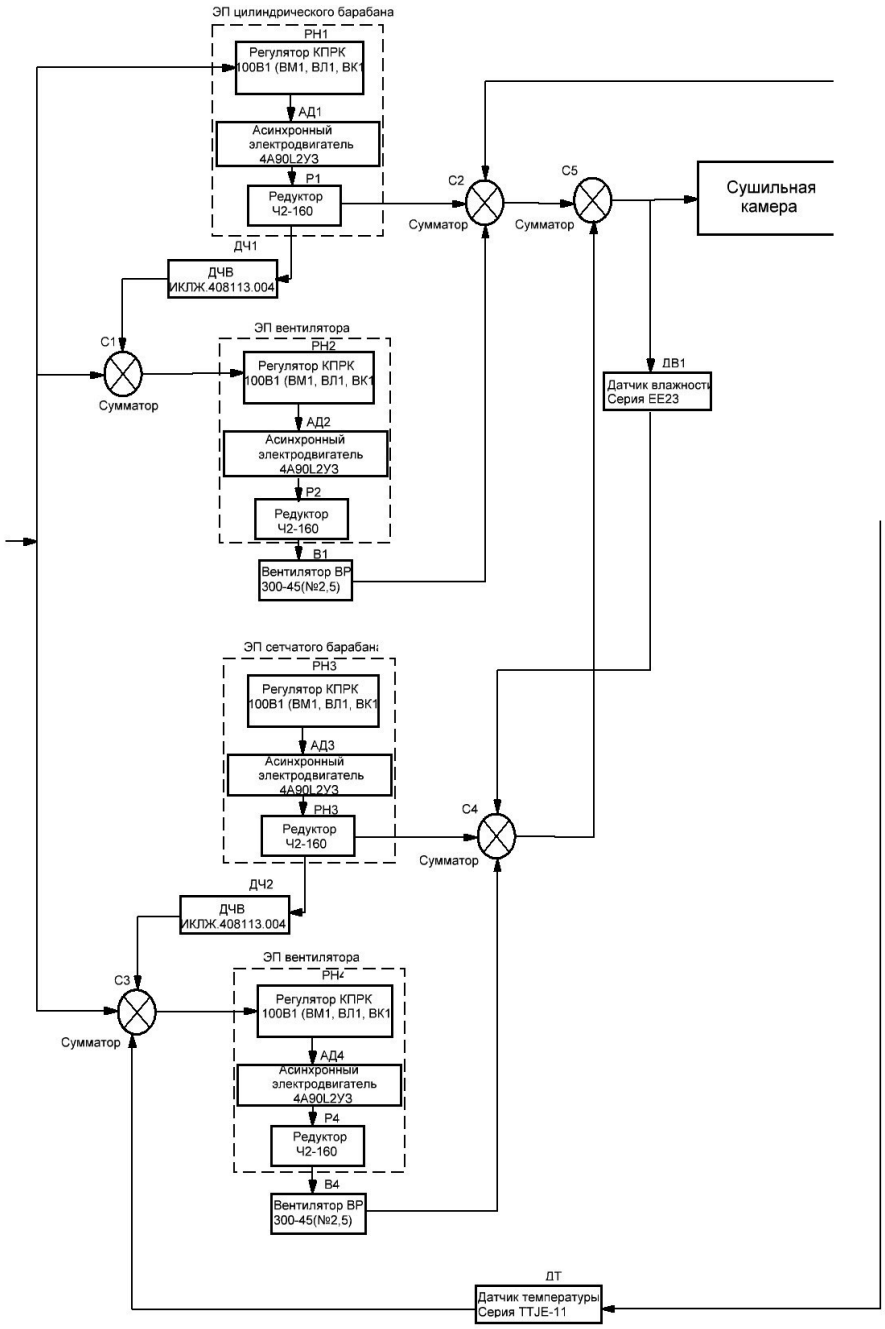


Рисунок 37-Структурная схема проектирования управления процессом сушки хлопка-сырца

1. Тиристорный регулятор напряжения ТРМ-ПИД в целом аналогичен по функциональности тиристорному регулятору мощности (ТРМ), но дополнительно комплектуется ПИД-регулятором температуры, выход которого воздей-

ствует на управляющий вход тиристорного регулятора. С помощью ПИД-регулятора можно непосредственно задавать параметры, требуемые технологическим процессом. ПИД-регулятор может управляться дистанционно по интерфейсу RS-485 (протокол Modbus).

На лицевой панели ПИД-регулятора отображается параметры задания и параметры, измеренные в месте установки датчика:





Рисунок 38 - Комплектация ***тиристорного регулятора напряжения*** *ТРМ-ПИД*

Как правило, используются два вида ПИД-регуляторов - ТРМ210 или ТРМ251. ТРМ210 - может лишь стабилизировать заданный параметр. ТРМ251 - способен не только поддерживать заданный параметр, но и выдерживать определенные временные интервалы, то есть работать по заранее заложенной в него программе технолога.

ООО «Силовая электроника» выпускает **тиристорные регуляторы напряжения** ТРМ-ПИД цена на которые колеблется от 40000 руб до 400000 руб в зависимости от комплектации.[49]

2. Электропривод типа КПЭ предназначен для регулирования частоты вращения производственных механизмов с линейно возрастающей механической характеристикой, с нелинейно возрастающей механической характеристикой, а также для кратковременной работы на пониженной частоте вращения с постоянным моментом. Электропривод типа КПЭ обладает высокой перегрузочной способностью, обеспечивает бесконтактное регулирование частоты вращения в диапазоне 1:10 и выше, имеет плавную регулировочную характеристику, высокий пусковой момент.

Отличается надежностью в эксплуатации и низкой ценой по сравнению с другими регулируемыми электроприводами.



Рисунок 39 - Асинхронный электродвигатель типа КПЭ

Конструктивно электропривод состоит из блока управления, блока переключателей и двигателя специального исполнения. Блок управления выполнен в виде ящика одностороннего обслуживания. Особенностью конструкции является применение группового охладителя и размещение тиристоров на диэлектрических теплопроводящих прокладках. Групповой охладитель осуществляет отвод тепла, выделяемого тиристорами, и является несущей частью конструкции, на которую крепится оболочка с поворотной крышкой. Резиновые и войлочные уплотнения, сальниковые вводы, а также специальные покрытия наружных поверхностей устройства обеспечивают степень защиты IP54 по ГОСТ 14354-80.

Гарантийный срок - 2 года со дня ввода электропривода в эксплуатацию. Цена 4000-300000 руб.

3. Вентиляторы на линии нагнетания и разряжения . К рассмотрению представлены четыре вида данных машин современного российского производства:

1) Радиальные (центробежные) вентиляторы;
2) Осевые вентиляторы;
3) Канальные вентиляторы;
4) Тягодутьевые машины.



Рисунок 40 - Радиальный (центробежный) вентиляторы ВР 300-45

Радиальный (центробежный) вентиляторы ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46) среднего давления – одни из самых востребованных на российском рынке благодаря универсальности, большому количеству вариантов исполнения, высокому качеству и надежности.

Модель ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46) имеет все необходимые сертификаты качества. Вентилятор одностороннего всасывания ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46) широко применяются в системах вентиляции, кондиционирования и отопления воздуха на объектах различного типа, а также перекачивании горячих воздушных сред в различных отраслях промышленности.

Вентиляторы ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46) изготавливаются по ТУ 4861-020-15185548-04 в различных исполнениях [50]:

1) общепромышленном,
2) коррозионностойком,
3) теплостойком,
4) взрывозащищенном
5) и исполнении для дымоудаления.

Условия эксплуатации агрегата ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46): тропический или умеренный климат, температура воздуха от -40 до +40 Со. В рабочей зоне должны отсутствовать липкие, волокнистые и взрывоопасные вещества.



Рисунок 41 - Осевые вентиляторы ОСА 510

Осевые вентиляторы ОСА 510 применяются в системах воздушного отопления, приточно-вытяжной вентиляции, перекачке воздушных сред. Вентиляторы изготавливаются в десяти различных типоразмерах в общепромышленном исполнении с двумя вариантами входа, с фланцем и с коллектором.

Основными конструкционными элементами ОСА 510 являются сварное рабочее колесо, цилиндрический каркас, конический элемент, спрямляющий аппарат и асинхронный двигатель, который располагается в корпусе на специальной стойке. 16 листовых лопаток изготовлены из высокопрочного алюминиевого сплава и монтируются на втулке с углами в 18, 27, 38 и 46 градусов. Рабочее колесо имеет специальный входной кок, призванный для обеспечения безотрывного течения вблизи втулки. Каркас сделан в виде цилиндрической оболочки. Спрямляющий аппарат служит для раскручивания потока газовоздушных масс, которые выходят из колеса.

Условия эксплуатации:

1) согласно условиям эксплуатации, вентиляторы можно применять при умеренном (У); умеренно-холодном (УХЛ) и тропическом (Т) климате 1-й и 2-й категории размещения;

2) температура окружающей среды от - 45 до + 40°С для умеренного и умеренного-холодного климата, от - 10 до +50°С для тропического климата;

3) среднее значение виброскорости внешних источников вибрации в местах установки вентилятора не более 2 мм/с;

4) в перемещаемой газовоздушной среде не должно быть липких веществ, волокнистых инородностей и пыли (не более 100мг/м3).

Вентиляторы ВКК и ВКП – самые популярные канальные вентиляторы в России.



Рисунок 42 - Вентиляторы ВКК и ВКП

Бесшумные вентиляторы ВКК и ВКП общего назначения широко используются в системах вентиляции и промышленных нуждах.

Корпус агрегата имеет класс защиты IP44, а значит надежно защищен от попадания влаги и пыли.

Производятся в двух вариантах исполнения корпуса:

ВКК – круглый корпус

ВКП – прямоугольный корпус

Канальные вентиляторы ВКК и ВКП используются в условиях умеренного климата по ГОСТ 15061 согласно 2-ой категории размещения.

Диапазон рабочих температур вентилятора составляет от -40 Со до +60 Со

Вентиляторы ВКК и ВКП удобны и просты в монтаже и подключении, а также надежны и долговечны в использовании.



Рисунок 43 - Вентиляторы вида ВД, ВДН и дымососы Д, ДН.

Тягодутьевые машины или радиальные дутьевые вентиляторы используются для подвода воздуха в топку котла или отвода из него продуктов сгорания,

перемещении горячих воздушных сред в промышленных нуждах. Основными элементами тягодутьевых устройств являются электродвигатель, рабочее колесо и корпус-улитка. Наиболее популярными моделями являются вентиляторы серии ВДН и ДН.

Выделяют несколько типов данных агрегатов:

1) машины серии ВД и ВДН используются для подвода воздуха в промышленных нуждах. Максимально разрешенная температура воздушной смеси на входе в вентилятор не должна превышать +200°С.

2) радиальные дымососы одностороннего всасывания серии Д и ДН служат для отвода дыма, газов и воздуха из котельного оборудования. Максимально разрешенная температура воздушной смеси на входе в вентилятор не должна превышать +200°С. Для более долгой работы, толщина корпуса больше по сравнению с моделями серии Д.

Исходя из рассмотренных моделей и видов тягодутьевых машин из каждого вида были отобраны наиболее подходящие модели. Применительно к сушильным агрегатам барабанного типа, для сушки волокнистых материалов, подходит радиальный (центробежный) вентилятор ВР 300-45 (ВР 280-46, ВЦ 15-46) среднего давления [51].

4. Преобразователи (датчики) частоты для асинхронного двигателя.



Рисунок 44 - Преобразователи (датчики) частоты для асинхронного двигателя

Данные датчики предназначены для управления частотой вращения трёхфазных асинхронных двигателей (АД) номинальной мощностью 15 кВт. Является представителем ряда частотных преобразователей для управления частотой вращения АД номинальной мощностью (11; 15; 18,6; 22; 30; 38; 45; 55; 80; 90 кВт).

Применяется для управления насосами, вентиляторами, компрессорами и другим оборудованием в жилищно-коммунальном хозяйстве, энергетике и т.д.

ПЧ-15 обеспечивает:

1. плавный пуск и останов АД;
2. управление частотой вращения АД в диапазоне 0-55 Гц;
3. поддержание заданной величины регулируемого параметра при работе в контуре САР с помощью встроенного ПИД-регулятора;
4. защиту АД от недопустимых режимов работы;
5. экономию электроэнергии и ресурса управляемых механизмов за счёт оптимизации режима работы АД.
6. Управление частотой вращения АД осуществляется:
7. с помощью внешних сигналов 0-10В, 0-20мА, 4-20мА;
8. заданием частоты вращения АД с панели управления ПЧ-15.
9. ПЧ-15 обеспечивает следующие виды защит:
10. от закрытия трубопровода;
11. от обрыва датчика (5-20 мА).
12. Для работы в составе информационных сетей или с интеллектуальными датчиками ПЧ-15 имеет интерфейс RS-485.

Технические характеристики:

1) напряжение питания 380 В + 10% - 15% - промышленной частоты;
2) потребляемая мощность при номинальной нагрузке не боле 500 Вт;
3) масса не более 20 кг, габариты не более 300х300х500мм.

Датчик частоты вращения ИКЛЖ.408123.004

Область применения. В системах автоматизации технологических процессов.



Рисунок 45 - Датчик частоты вращения ИКЛЖ.408123.004

Датчик частоты вращения (ДЧВ) состоит из индуктора ИКЛЖ.408123.001 или ИКЛЖ.408123.010, усилителя-формирователя (УФ) ИКЛЖ.468171.001, жгута ИКЛЖ.685521.020 или ИКЛЖ.685621.036 и жгута питания ИКЛЖ.685621.035.

Индуктор ИКЛЖ.408113.001 крепится к кронштейну или корпусу контролируемого объекта двумя гайками М20х0,75, а индуктор ИКЛЖ.408113.010 крепится через имеющиеся на корпусе индуктора отверстия.

При вращении зубчатого колеса, соединенного с валом агрегата, в обмотке индуктора наводится переменная э.д.с., которая преобразуется в УФ в последовательность прямоугольных импульсов тока уровнем (17±3) мА. Частота выходных импульсов пропорциональна частоте вращения контролируемого вала. УФ выполнен по двухпроводной линии связи. Выходным сигналом являются импульсы тока потребления УФ [52].

5. Калориферы серии КСПК [53]

Водяные калориферы. Калориферы на горячей воде используются в приточных вентиляционных системах круглого или прямоугольного сечения и монтируются в вентиляционных каналах. Водяные калориферы могут быть двух- или трехрядными. Воздух, проходящий через водяной теплообменник, не должен включать твердые, волокнистые или клейкие вещества.



Рисунок 46 - Водяной калорифер для приточной вентиляции

Паровые калориферы. По сравнению с водяными, паровые устройства используется нечасто, обычно на промышленных предприятиях, где есть производство пара для технологических потребностей.



Рисунок 47 - Паровые калориферы

6. Преобразователь/датчик влажности (EE23)для промышленных применений



Рисунок 48 - Промышленный датчик влажности EE23

Серия EE23 отличается многофункциональностью, высокой точностью, простой установкой и обслуживанием.

Новая разработка водонепроницаемого корпуса датчика со степенью защиты IP65 состоит из трех частей:

- задняя часть, где размещены все элементы электрического присоединения;

- средняя часть с электроникой;

- крышка датчика, где опционально размещается дисплей.

Инновационная разработка электроники EE23 позволяет легко конфигурировать выходные сигналы по влажности.

Преимущества приведённого устройства в малых значениях гистерезиса, высокой устойчивости к загрязнениям окружающей среды, простоте установки, долговременной стабильности.

Промышленный датчик влажности EE23 нашел широкое применение в каких областях промышленности как системы ОВК, климатические камеры, сушильные аппараты, теплицы и т.д.

7. Промышленные редукторы.

Редукторы: общее описание и виды Редуктор (от лат. reductor – ведущий обратно) – это механизм, который предназначен для передачи и преобразования крутящего момента. Обычно редуктором называют устройство, преобразующее высокую угловую скорость вращения входного (быстроходного) вала в более низкую на выходном (тихоходном) валу, повышая при этом вращающий момент. Механизм, который преобразует низкую угловую скорость в более высокую называют мультипликатором. Редуктор со ступенчатым изменением угловой скорости – это коробка передач, с бесступенчатым – вариатор. Редуктор, работающий в режиме высокой скоростной нагрузки (в среднем15-90 тысяч оборотов в минуту) называется турборедуктором [54].



Рисунок 49 - Промышленные редукторы

Устройство редуктора Редуктор состоит из корпуса, в котором помещают элементы передачи (валы, зубчатые колеса, подшипники и т.д.). Корпуса промышленных редукторов должны быть прочными и жесткими.

Применение промышленных редукторов Промышленные редукторы широко применяются в подъемно-транспортных, лесозаготовительных установках, машиностроении, строительстве, нефтегазовой промышленности, металлургическом и горнодобывающем оборудовании, сельском хозяйстве и других сферах, поэтому существует большее число их разновидностей.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ интеллектуальных методов управления процессами сушки волокнистого материала позволил определить направления частичной модернизации УЭТК сушильной камеры. В частности, выбрано нечеткое управления энергосберегающими режимами, т.к. нечеткий регулятор обеспечивает лучшие динамические свойства системы управления, чем классический ПИД-регулятор.
2. Разработана структурная схема САР скоростного режима и температуры для сушки хлопка-сырца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненных исследований и разработок свидетельствуют о достижении поставленной цели выпускной квалификационной работы:

1. Осуществлен электротехнологический анализ энергоемкого сушильного оборудования с целью определения объекта исследования.

2. Проведенный обзор патентной информации позволяет определить основные направления повышения эффективности управления процессом сушки волокнистых материалов.

3. При участии автора модернизировано, ранее запатентованное на кафедре автоматики и промэлектроники, устройство для управления электроприводом аппарата сушки пряжи в паковках.

4. Разработаны функциональная и структурная схемы модернизированной автоматизированной системы управления температурными режимами аппарата сушки пряжи в паковках (бобинах).

5. Осуществлен расчёт, проектирование и моделирование усовершенствованного управляемого электротехнического комплекса сушки волокнистых материалов в паковках и бобинах.

6. Определены основные технологические аспекты интенсификации процесса сушки хлопка-сырца.

7. При участии автора разработаны функциональная и структурная схема модернизированного способа сушки хлопка-сырца. Составлена и направлена в Роспатент заявка на предложенный патент на полезную модель «Устройство для управления тепловыми потоками процесса сушки синтетических волокон и нитей»

Осуществлены исследования качественных показателей усовершенствованной системы автоматического регулирования, обеспечивающей энергосберегающие режимы процесса сушки, а также повышение производительности технологического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М. Повышение эффективности управления энергосберегающими режимами технологического оборудования: монография. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 265 с.

2.Лыков А.В. Теория сушки, издательство-Энергия, 1968-472 с.

3. Лыков А.В. Тепло и массообмен в процессах сушки,- М.: Госэнергоиздат, 1956. — 464 с.

4. Сажин Б.С. Сушилки кипящего слоя с механическими побудителями, - М.: ЦИНТИХимнефтемаш, 1974. – 49 с.

5. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии, Изд. 3-е, перераб. и дол. — Л.: Химия, 1979. — 272 с.

6. Побединский В.С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов: Монография. - Иваново: ИХР РАН, 2000. - 128 с.

7. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 488 с.

8. Чесунов В.М., Захарова А.А. Оптимизация процессов сушки в легкой промышленности. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 192 с.

9. Данилов О.Л., Леончик Б.И. Экономия энергии при тепловой сушке. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 157 с

10. Ошейко В.А. Исследование процессов сушки хлопчатобумажной пряжи. /Диссертация на соискание ученой степени канд. тен. наук. – Киев. - 1974. – 185 с.

11. Морозов Г.Н. Теоретические и экспериментальные исследования проницаемости и сушки продувкой слоя текстильных материалов. /Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. – Кострома. – 1967. – 385 с.

12. Поляков А.Е., Поляков К.А. Устройство для управления процессом сушки пряжи в паковках. Патент РФ № 27320. Опубл.20.01.2003.Бюл. № 2.
13. Поляков А.Е., Дубовицкий В.А., Филимонова Е.М. Повышение эффективности управления энергосберегающими режимами технологического оборудования: монография. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. – 265 с.
14. Поляков А.Е., Поляков К.А. Устройство для управления процессом сушки пряжи в паковках. Патент РФ № 27320. Опубл.20.01.2003.Бюл. № 2.
15. Поляков А.Е., Филимонова Е.М. Разработка, исследование и проектирование сложных многомерных управляемых электротехнических комплексов технологического оборудования с применением интеллектуальных технологий: монография. /А.Е.Поляков, Е.М.Филимонова: под ред. профессора Полякова А.Е. - М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2017. – 229 с.
16. Максудов И.Т., Нуралиев А.Н. (ред.). Справочник по первичной обработки хлопка. Книга 1, Ташкент: Мехнат, 1994. — 575 с.
17. Джабаров Г.Д. и др. Первичная обработка хлопка, Учебник. — Москва: Легкая индустрия, 1978. — 430 с.
18. Ерматов А.С., Хабибулла И.Е. Разработка и исследование рабочих органов сушильных агрегатов для обработки волокнистых материалов, Диссертация.-
Кострома, 1980.-170 с.
19. Шестьдесят шестая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием 2013, Электронный сборник тезисов докладов. -Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. —-840 с.
20. Иброгимов Х.И. Совершенствование теории и технологии подготовки хлопка-сырца к процессу джинирования для сохранения природных свойств волокна и семян, Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья; 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы

(легкая промышленность). - Костромской государственный технологический университет. — Кострома, 2009. — 55 с.
21. Т.Б. Калыдаев, Т.У. Тогатаев, Г.Ю. Калдыбаева, А.А. Утебаев Разработка технологии сушки хлопка-сырца с режимами работы Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауезова, Казахстан-158 с.
22. Свириденко П.А., Шмелев А.Н. Основы автоматизированного электропривода. М.- Высшая школа, 1970- 391 с.
23. Носов С.В. Разработка системы управления электропривода постоянного тока для вентиляции сушильно-очистительного цеха хлопкозавода: Диссертация, Ташкент 2013- 62 с.
24. Поляков А.Е., Волков А.А., Кирсанов А.А., Старов И.И. Технические решения, обеспечивающие энергосберегающие режимы электро - технических комплексов технологического оборудования. Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «МГУДТ», 2016. – с.261-264.
25. Ланген А.М., Красник В.В. Электрооборудование предприятий текстильной промышленности. М. Легпромбвтиздат. 1991- 317 с.
26. Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа, М.: Машиностроение,2009. - 220 с.
27. А.А. Кирсанов, А.Е. Поляков Разработка, исследование и проектирование усовершенствованного способа управления процессом сушки хлопка-сырца, ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017- с. 255.
28. Мирошенко Г.И. Оборудование и технология производства первичной обработки хлопка. Иваново 1998.-275 с.
29. Кадыров А.А. Автоматика и автоматизация производственных процессов текстильной промышленности. Т. Укитувчи, 1985- 354 с.
30. Назарова М.В., Романов В.Ю. Автоматизация технологических процессов в текстильной промышленности, Учебное пособие. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2014. – 160 с.

31. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB, Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.
32. Хрущёв Ю.В. Передаточные функции и частотные характеристики линейных систем, Томский политехнический университет. Хрущёв Ю.В. Лекции для студентов по направлениям «Электроэнергетика» и «Электроснабжение» ,2012г.
33. Андрейченко Д.К., Чурсова Ю.В., Кононов В.В., Супрун Д.В. Основы работы в среде Matlab, Саратов: СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2012. — 110 с.
34. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB, Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.
35. Усков А.А., Круглов В.В. Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики, Монография. — Смоленск: СГТ, 2003. — 177 с.
36. Асадуллаев Р.Г. Нечеткая логика и нейронные сети, Учебное пособие. — Белгород: БелГУ, 2017. — 309 с.
37. Денисенко Виктор. ПИД-регуляторы: вопросы реализации, Статья: СТА. В записную книжку инженера. – 2007, №4, С. 86-97; 2008, №1, С.86-99.
38. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры и их применение. Книга 5. Нейронные сети - история развития, М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2001. — 840 с.
39. Пупков К.А., Егупов Н.Д. Методы современной теории автоматического управления. Том 5, Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 784 с. — (Методы классической и современной теории автоматического управления).
40. Мэтьюз Д.Г. Численные методы. Использование MATLAB, 3-е издание. Пер. с англ. / Д.Г.Мэтьюз, К.Д.Финк. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 720 с.: ил.
41. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. -\–Спб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.:ил.

42 Шваяков А.В. К вопросу использованию нечетких регуляторов в системах управления электроприводом // Информационные технологии, энергетика и экономика: Материалы докладов межрегиональной н/т конференции студентов и аспирантов. – Смоленск, 2004. – С. 91-94.

43. Компания «Звезда электроника». Производитель и разработчик электрооборудования: тиристорные регуляторы мощности, устройства плавного пуска и др. http://www.zvezda-el.ru

44. Компания «Арктика».Системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха. http://www.arktika.ru

45. Компания «Армавент». Производство вентиляционного и отопительного оборудования. http://armavent.ru

46. Компания ООО "Полтраф СНГ". Производство контрольно-измерительного оборудования и автоматизация технологических процессов. http://www.poltraf.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ

1.6 ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК-ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Регламент поиска:

Объект поиска «сушка волокнистого материала в паковках», «сушка волокнистых материалов инфракрасным излучением», «сушка хлопка-сырца»

Глубина поиска 2004-2014 г.

База описка: РФ

Область поиска: МПК D04H 3/12, 1/64,1/22, 13/00; D06M 13/00; C08J 3/28; DO1D 5/00.

Техническая задача: повышение надежности и эффективности работы линии производства волокнистого материала.

Выбранные для анализа патентные документы:

1. Патент на изобретение RU 2084565

Тема: « Устройство для высокочастотной сушки текстильных материалов под вакуумом»

Заявлено 19.04.2004 Костромским машиностроительным конструкторским бюро "Каскад", Благочинный А.С., Семенов В.И., Андрусенко В.П., Григорьев С.В.

Дата публикации 20.07.2006

МПК: D02J13/00, F26B7/00

Устройство для высокочастотной сушки текстильных материалов в паковках под вакуумом относится к красильно-отделочному оборудованию и может быть использовано в текстильной промышленности для сушки пряжи в бобинах периодическим способом. Целью предлагаемого изобретения является повышение эффективности процесса сушки, снижение энергоемкости и металлоемкости, повышение качества обрабатываемого материала. Сущность изобретения в том, что устройство состоит из сушильной камеры с ВЧ-электродами, между которыми размещаются стержни плавкодержателя с паковками материала и который при этом разделяет внутренний объем камеры на две взаимоизолированные полости. При вакуумировании одной из полостей смежная полость соединяется с атмосферой для поступления сухого нагретого воздуха. Образующийся перепад давлений в полостях организует дополнительную циркуляцию поступающего воздуха через материал в полость вакуумирования, интенсифицируя тепломассообменный процесс сушки, улучшается качество обрабатываемого материала. Конструкция устройства не содержит традиционной энергоемкой тепло-

использующей аппаратуры, высоконапорного энергоемкого вентилятора, большого количества запорной арматуры и трубопроводов.

Устройство относится к красильно-отделочному оборудованию и может быть использовано в текстильной промышленности для сушки текстильных материалов в паковках (например, пряжи в бобинах) под вакуумом с использованием высокочастотного электрического поля.

Известно устройство для сушки пряжи в бобинах, состоящее из автоклава с крышкой, внутри которого устанавливается бобинодержатель, имеющий полый корпус тарельчатого типа с полыми перфорированными стойками, на которые насаживаются бобины пряжи, циркуляционной системы для принудительной подачи нагретого воздуха в корпус бобинодержателя в ВЧ-генератора, электроды которого установлены в автоклаве таким образом, что при установке бобинодержателя входят перфорированные стойки и создают радиальное ВЧ-электрическое поле, причем процесс сушки осуществляется за счет воздействия на пряжу направленного ВЧ-поля и потока нагретого воздуха, проходящего по полости стоек, пронизывающим толщу слоя бобин в радиальном направлении и удаляемым из автоклава вместе с выделяющими парами.

Недостатком такого устройства является повышенная энергоемкость из-за наличия в циркуляционной системе теплообменника для нагрева воздуха и высоконапорного вентилятора для его подачи в автоклав, трудоемкость операции установки бобинодержателя на электроды в автоклаве, обязательности предварительного обезвоживания бобин пряжи перед сушкой на вспомогательном оборудовании.

Цель изобретения повышение эффективности тепломассообменного процесса сушки, снижение энергоемкости, металлоемкости и повышение качества обработанного материала.

Указанная цель достигается тем, что устройство имеет одну сушильную камеру, в которую устанавливается бобинодержатель, разделяющий внутренний объем камеры на две взаимоизолированные герметичные полости, соединенные с системой вакуумирования и системой управляемого натекания нагретого воздуха при атмосферном давлении к внутренней или наружной поверхности бобин для организации дополнительной циркуляции воздуха через толщу слоя бобины в направлении к полости вакуумирования за счет образующегося перепада давления между обоими полостями, при этом происходит более эффективное удаление паров испаряющейся при сушке влаги нагретым воздухом из внутренних слоев бобины к ее внутренней или наружной поверхности в соответствии с направлением циркуляции отсасываемого воздуха.

Предлагаемое техническое решение позволяет интенсифицировать тепломассообменный процесс высокочастотной сушки под вакуумом на участке ее падающей скорости, суще-

ственно сократить энергозатраты за счет исключения из состава оборудования энергоемких теплообменных аппаратов и высоконапорного вентилятора, уменьшить металлоемкость оборудования. На рис.12. изображена схема описываемого устройства.

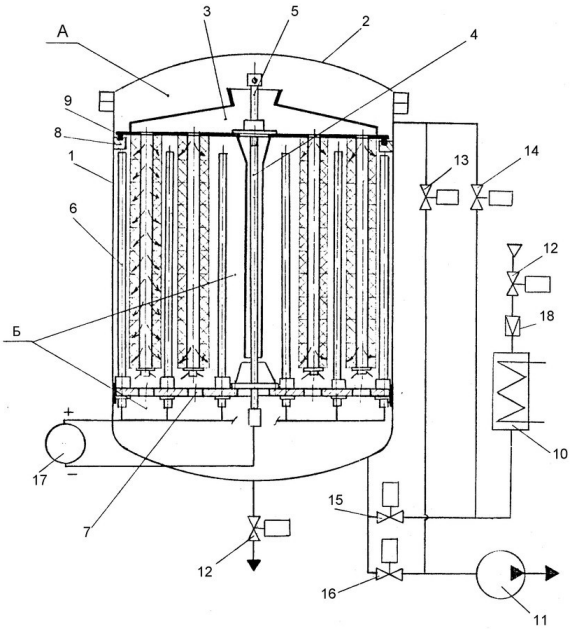


Рисунок - Высокочастотная сушилка текстильных материалов под вакуумом

Устройство состоит из корпуса 1 и крышки 2 сушильной камеры, внутри которой устанавливается плавкодержатель 3 с паковками пряжи.

В рабочем положении паковкодержатель фиксируется на упорное кольцо 8 и герметизирующую прокладку 9 с помощью гайки-заглушки 5, навертываемой на установочный винт 4 корпуса камеры. После фиксации паковкодержателя внутренний объем камеры разделяется на две взаимоизолированные герметичные полости А и В, разделительной перегородкой для которых является толщина слоя обрабатываемого материала.

В нижней части корпуса установлена платформа 7, на которой расположены в определенном порядке рабочие ВЧ-электроды 6, подключенные к ВЧ-генератору 17 и создающие радиальное ВЧ-поле, в зоне которого находятся паковки пряжи, насаженные на полые перфорированные стержни паковкодержателя и которые также являются ВЧ-электродами обратной полярности. Полости А и Б соединены с системой вакуумирования 11 через управляемые запорные элементы 13 и 16 а также с системой подачи нагретого воздуха, состоящей из управляемых запорных элементов 12,14,15, редукторного устройства 18 и нагревателя 10. Из нижней части камеры через клапан 12 отводится отсасываемая при вакуумном отжиме и конденсируемая при сушке влага.

Устройство работает следующим образом. При опускании паковкодержателя 3 в корпус сушильной камеры 1 ВЧ-электроды трубчатого типа 6, расположенные на платформе 7,

входят в промежутки между концентрично расположенными рядами полых стержней с паковками пряжи. Количество ВЧ-электродов определяется количеством и расположением стержней с паковками. Корпус паковкодержателя устанавливается на упорное кольцо 8, имеющее герметизирующую кольцевую прокладку 9 и фиксируется в камере посредством гайки 5, навертываемой на установочный винт 4, при этом заглушается отверстие центральной трубы паковкодержателя.

Образуется полость А, разделенная толщиной слоя паковки обрабатываемого материала с полостью В, образованной наружной поверхностью паковок и внутренней поверхностью корпуса камеры.

Производится операция предварительного вакуум-отжима материала путем вакуумирования полости Б через открытый запорный элемент 16 вакуумным насосом 11.

Из нижней части камеры влага отводится через запорный элемент 12. Включается ВЧ-генератор 17 и через ВЧ-электроды 6 производится нагрев материала токами высокой частоты при одновременном вакуумировании полости Б или полости А. При этом отсасываются насыщенные пары испаряющейся при нагреве влаги соответственно с наружной или внутренней поверхности паковки.

При уменьшении влажности паковки на участке падающей скорости сушки полость, противоположная полости вакуумирования, сообщается через управляемые запорные элементы 14 или 15 с линией подачи сухого воздуха при атмосферном давлении, нагретого в нагревателе 10 теплой водой, используемой от системы охлаждения ВЧ-генератора. В результате образуется повышенный к уже имеющемуся значению перепад давления между внутренней и наружной поверхностями паковки, поступающий воздух просасывается через толщу слоя паковки, дополнительно интенсифицируя процесс удаления паров влаги. Поступление воздуха продолжается до определенного предварительно установленного значения вакуума в полости вакуумирования и может неоднократно повторяться.

1.1 Формула изобретения.

1. Устройство для высокочастотной сушки текстильных материалов в паковках под вакуумом, содержащее герметичную камеру, внутри которой расположен паковкодержатель, имеющий корпус тарельчатого типа с установленными по меньшей мере по одной концентрической окружности на полых перфорированных стержнях паковками, высокочастотные электроды, связанные с генератором, систему подачи теплоносителя и систему вакуумирования, отличающееся тем, что высокочастотные электроды размещены между концентричными рядами полых стержней с паковками, а корпус паковкодержателя установлен с образова-

нием двух герметичных взаимоизолированных полостей, связанных с системой подачи теплоносителя при атмосферном давлении.

2. Устройство отличающееся тем, что система подачи теплоносителя выполнена с возможностью смены направления его циркуляции.

Сформулированная техническая задача решается путём установки бобинодержателя внутрь сушильной камеры, разделяющий внутренний объем камеры на две взаимоизолированные герметичные полости, соединенные с системой вакуумирования и системой управляемого натекания нагретого воздуха при атмосферном давлении к внутренней или наружной поверхности бобин для организации дополнительной циркуляции воздуха через толщу слоя бобины.

2. Патент на изобретение RU 2 382 306 C1.

Тема: «Автоматизированная установка для сушки нетканых материалов с волокнистой и пористой структурой».

Заявлено 30.01.2009 г, номер заявки 2009103071/06, Николаевым А.М., Ивановым В.М., Ивановой Т.Ю., Ельчениновой Е. А., Николаев А.М., Иванов В.М., Иванов Т.Ю. Дата публикации 20.02.2010 г.

МПК: F26B 17/04 (2006.01).

Изобретение может быть использовано в химической промышленности и строительстве. Корпус снабжен теплоизоляционным покрытием. Сушильный отсек образован подводящим коробом над верхней лентой транспортера с выходными соплами по нижней поверхности, перпендикулярными высушиваемому материалу, и отводящим коробом между лентами транспортера, с перфорированной верхней поверхностью, обращенной к материалу снизу. Подводящий короб связан соединительными патрубками, имеющими датчики давления, температуры и влажности горячего теплоносителя, с электронагревателями, оснащенными устройствами регулирования мощности с аварийным отключением и связанными напорными патрубками, снабженными датчиками начального давления исходного теплоносителя, с напорными вентиляторами. Отводящий короб соединен с отводящим коллектором, снабженным датчиками конечной температуры и конечной влажности отработавшего теплоносителя и связанным трубопроводами, в которых установлены датчики и регулирующие заслонки разрежения с электроприводами, с теплоулавливающими карманами над полотном материала. Сверху и соосно к отводящему коллектору присоединен отводящий патрубок с датчиком конечного разрежения, присоединенный к откачивающему вентилятору, напорная часть которого, снабженная

регулировочным запирающим шибером с электроприводом, соединена через подводящий патрубок с симметрично разветвляющимся теплопроводом рециркулирующего теплоносителя, каждая ветвь которого снабжена датчиками давления и температуры и регулировочным шибером с электроприводом. Каждая ветвь этого теплопровода соединена с одним из входных патрубков, один конец каждого из которых связан с напорным вентилятором, а другой - с атмосферой. В одном из входных патрубков установлены датчики начальных температуры и влажности, регулировочный шибер с электроприводом, а в другом - регулировочный шибер с электроприводом. К разветвляющемуся теплопроводу сверху через подводящий патрубок присоединен отводящий трубопровод, сообщающийся с атмосферой. Датчики связаны с блоком обработки сигналов и управления, соединенным с электроприводами. Повышаются эффективность и качество сушки при автоматизации управления.

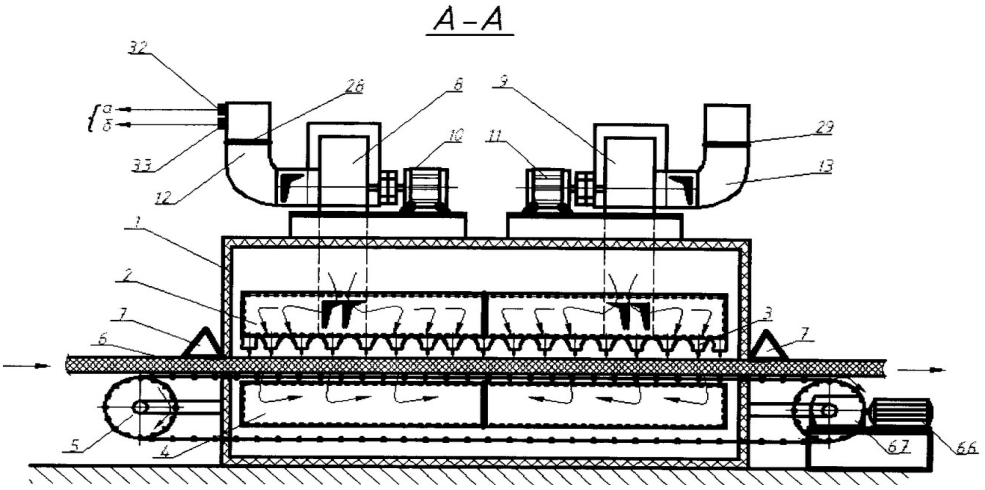


Рисунок - Схема сушилки

Сформулированная техническая задача решается путём осаждения волокон на поверхность твердотельных форм с прохождением последовательных стадий обработки.

3. Патент на изобретение RU 2395767

Тема: «Способ сушки волокнистых материалов и льняной тресты в паковках».

Заявлено 27.07.2004 г, номер заявки 201004218659/06,

Изобретение относится к технике сушки, а именно к устройствам для волокнистых материалов в паковках, а также паковок льняной тресты и других материалов в крупных паковках. Установка для сушки паковок содержит цилиндрическую камеру, выполненную в виде двух полуцилиндров, установленных на вертикальной оси с возможностью раскрытия на угол не менее 180°, снабженную замками, эластичными уплотнителями, закрепленными на внутренней поверхности, съемным перфорированным днищем, расположенным в верх-

ней части колпаком, состоящим из жестко соединенных диска с отверстием по центру, причем диаметр отверстия меньше минимально допустимого диаметра паковки. Цилиндр сопряжен с диском по наружному диаметру, а конус - по внутреннему диаметру. Конус выполнен с возможностью перемещения в вертикальной плоскости с помощью привода. Имеются трубопроводы подачи и отвода сушильного агента. Положительный эффект, достигаемый изобретением, заключается в создании устройства, позволяющего значительно повысить производительность и качество сушки.

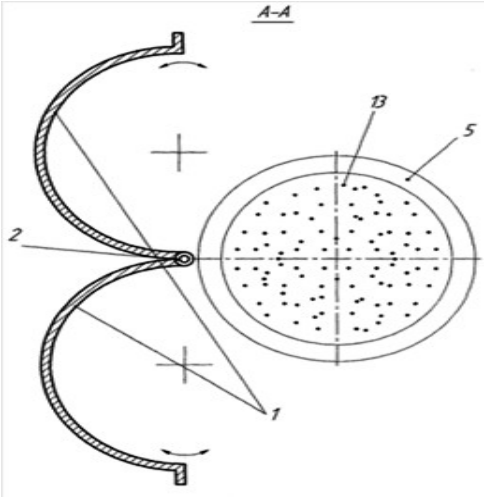


Рисунок - Цилиндрическая камера

Изобретение относится к сушильной технике, а именно к устройствам для сушки паковок льняной тресты, льносоломы, сена, соломы и других сельскохозяйственных материалов в крупных паковках.

Известны установки для сушки (А.С. СССР № 1216596, кл. F26B 9/06, 1985; А.С. СССР № 705219, кл. F26B 9/06, 1978; А.С. СССР № 1354010, кл. F26B 15/08, 1985; А.С. СССР № 1043445, кл. F26B 3/06, 1982), включающие сушильную камеру, загрузочно-разгрузочное устройство, тепловентиляционное оборудование.

Общим недостатком, присущим всем выше перечисленным известным установкам для сушки, являются низкая производительность и качество сушки из-за возможности утечки агента сушки.

Известна установка для сушки паковок сена, соломы, льняной тресты, льносоломы и других сельскохозяйственных материалов в крупных паковках (А.С. СССР № 1486719, кл. F26B 9/06, 1987, прототип), содержащая цилиндрическую камеру с перфорированным днищем и эластичным уплотнением по внутреннему периметру, колпак, размещенный в верхней части камеры и подвижный в вертикальном направлении, трубопроводы подачи и отвода сушильного агента.

Недостатками данной установки для сушки паковок являются низкая производительность и качество сушки, обусловленные неэффективным использованием агента сушки из-за неработоспособности сегментных уплотнителей, размещенных по периметру камеры, по причине больших отклонений диаметра паковки до 300 мм от нормативов, а также линейного контакта поверхности колпака с паковкой. В результате агент сушки устремляется по пути наименьшего сопротивления в свободное пространство между паковкой и стенками камеры. Падение скорости фильтрации агента сушки от периферии к центру паковки приводит к удлинению процесса сушки и ухудшению качества сушки в связи с тем, что наружные слои паковки пересушиваются, а внутренние недосушиваются. Снижение производительности также обусловлено необходимостью перемещения цилиндрической камеры вверх, вниз на расстояние более чем высота паковки при установке, выгрузке и сушке материала.

Задача, решаемая данным изобретением, заключается в повышении производительности и качества сушки.

Поставленная в изобретении задача решена тем, что в установке для сушки паковок, содержащей цилиндрическую камеру с перфорированным днищем и эластичным уплотнением по внутреннему периметру, колпак, размещенный в верхней части камеры и подвижный в вертикальном направлении, трубопроводы подачи и отвода сушильного агента, камера выполнена в виде двух полуцилиндров, установленных на вертикальной оси с возможностью раскрытия их относительно друг друга, а колпак состоит из диска с отверстием по центру и сопряженными с ним по наружному диаметру цилиндром, а по внутреннему с конусом, причем диаметр отверстия в диске меньше минимально допустимого диаметра паковки и полуцилиндры камеры раскрываются на угол не менее 180°.

Заявленная конструкция установки, при которой камера выполнена в виде двух полуцилиндров, установленных на вертикальной оси с возможностью раскрытия их относительно друг друга на угол не менее 180˚, позволяет сократить время на выполнение вспомогательных операций, исключая перемещение камеры вверх для установки паковки и вниз для осуществления процесса сушки, что способствует повышению производительности.

Наличие колпака, поверхность диска которого плотно прилегает к торцу паковки, а поверхность его цилиндра к эластичному уплотнителю, закрепленному по внутреннему периметру камеры, и выполнение диска с отверстием по центру диаметром меньше минимально допустимого диаметра паковки, позволяет исключить фильтрацию агента сушки вне объекта сушки, что ускоряет процесс отбора влаги из паковки, повышает качество сушки.

Установка для сушки паковок работает следующим образом. Полуцилиндры камеры при открытых замках раскрываются на угол не менее 180°. Колпак посредством привода

перемещается выше габаритов камеры. После установки паковки на перфорированное днище колпак опускается до контакта поверхности диска с торцом паковки . Полуцилиндры камеры закрываются, при этом эластичные уплотнители 4 плотно прилегают к цилиндрическим поверхностям днища и цилиндра колпака , исключая возможность прохождения агента сушки вне паковки.

Агент сушки, нагретый в калориферном блоке или ином источнике тепла (не показано), по трубопроводу через перфорированное днище камеры 1 нагнетается в паковку , отбирает влагу от материала и выводится наружу через колпак по трубопроводу .

По окончании процесса сушки замки 3 открываются, полуцилиндры камеры 1 раскрываются на угол не менее 180°, колпак 6 приводом поднимается выше габаритов камеры 1, высушенная паковка снимается с перфорированного днища и загружается другая паковка.

Благодаря конструкции цилиндрической камеры и колпака заявленной установки для сушки паковок при работе исключена операция перемещения камеры вверх, вниз и утечка агента сушки, что значительно повышает производительность и качество сушки.

Сформулированная техническая задача решается путём выполнения сушильной камеры в виде двух полуцилиндров, установленных на вертикальной оси с возможностью раскрытия их относительно друг друга, а колпак состоит из диска с отверстием по центру и сопряженными с ним по наружному диаметру цилиндром, а по внутреннему - с конусом, причем диаметр отверстия в диске меньше минимально допустимого диаметра паковки.