

УДК 677.11.021.1:681.5

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

Вихарев С.М., Цапаев Р.В., Федосова Н.М.

Костромской государственный технологический университет

*С целью повышения выхода длинного волокна и сохранения его качества предложено осуществлять оптимизацию процесса механической обработки тресты посредством автоматизированной системы регулирования скорости движения транспортера сушильной машины и частоты вращения трепальных барабанов мяльно-трепального агрегата. Предложенный алгоритм системы управления, реализованный в системе КОНГРАФ, предполагает применение фаззи-регулятора для оптимизации настроек регулируемых параметров.*

**ДЛИННОЕ ВОЛОКНО, ВЛАЖНОСТЬ, ТРЕСТА, СКОРОСТЬ  
ТРАНСПОРТЕРА, ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ, ФАЗЗИ-РЕГУЛЯТОР,  
АЛГОРИТМ, РЕЖИМ РАБОТЫ**

Повышение выхода длинного волокна и улучшение его качества является актуальной задачей, стоящей в настоящее время перед отраслью первичной обработки льна. Одним из возможных ее решений является создание системы оптимизации режимов обработки льняной тресты на мяльно-трепальном агрегате в зависимости от изменения ее свойств. Изучению этого вопроса посвящен ряд работ [1-6], однако до настоящего времени не решена проблема управления технологическим процессом трепания льна при одновременном воздействии нескольких возмущающих факторов.

Известно, что режим обработки льняной тресты во многом определяется частотой вращения трепальных барабанов и скоростью перемещения материала в рабочей зоне (скоростью зажимного транспортера трепальной машины) [7]. С точки зрения качества обрабатываемого сырья важными являются как геометрические и физико-механические характеристики льняных стеблей, так и ряд характеристик слоя тресты. Одним из технологически важных параметров перерабатываемого слоя является его влажность.

В практической работе технологический эффект процесса трепания оценивается комплексным параметром – выходом длинного волокна при одновременном контроле массовой доли костры в нем. При этом влияние влажности на ход обескостривания волокна можно оценить по изменению содержания в нём костры, а влияние на степень поврежденности – по снижению выхода чистого материала [3].

Одним из направлений управления процессом сушки тресты в сушильной машине (СМ) является изменение продолжительности пребывания материала в зонах сушки путем варьирования скорости транспортера, перемещающего материал вдоль нее. Скорость транспортера может регулироваться в различных диапазонах в зависимости от типа машины. Следует отметить, что даже небольшое замедление перемещения льнотресты в СМ ведет к изменению ее влажности. Однако значительное изменение скорости транспортера СМ сказывается на ее производительности, что может нарушить поточность технологического процесса линии получения длинного волокна. Известно, что одним из требований, предъявляемых к стеблевому слою, поступающему в мяльно-трепальный агрегат (МТА), является его непрерывность. С этой точки зрения важно определить пределы регулирования скорости транспортера СМ, которые обеспечивали бы выполнение этого требования. Важным

является не только сохранение непрерывности стеблевого слоя, но и недопущение образования зон сгуживания подсушенной тресты на участке СМ–МТА. В этом случае теряется смысл управления процессом сушки, поскольку лен является гигроскопичным материалом и влажность тресты может достаточно быстро измениться в зависимости от температурно-влажностного режима воздуха рабочей зоны. Итак, при создании системы управления режимом обработки тресты важным является «синхронизация» скоростных режимов транспортера СМ и рабочих органов МТА, в частности, частоты вращения мяльных валцов и скорости зажимного транспортера трепальной машины.

Одним из легко регулируемых параметров трепальной машины МТА является частота вращения трепальных барабанов. В результате многочисленных исследований для сырья каждого типа (отличающегося по ряду геометрических и физико-механических характеристик стеблей) определены оптимальные частоты вращения трепальных барабанов [7-10]. Однако установлено [7], что «с увеличением частоты вращения трепальных барабанов разрушающая способность воздействий растет быстрее, чем скорость процесса обескостривания». Поэтому при управлении процессом трепания правильнее было бы ориентироваться на количество воздействий, воспринимаемых материалом, – характеристику, функционально связанную как с частотой вращения трепальных барабанов, так и скоростью зажимного транспортера трепальной машины,

$$K = i_1 i_2 L_{\sigma} \frac{n_{\sigma}}{v_{mp}},$$

где  $K$  – количество воздействий, ед.;

$i_1$  – число трепальных барабанов, участвующих в обработке одного конца горсти, шт.;

$i_2$  – число рабочих кромок на одном барабане, шт.;

$L_6$  – рабочая длина бильной планки, м;

$n_6$  – частота вращения трепальных барабанов,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$v_{\text{тр}}$  – скорость транспортера трепальной машины, м/мин.

Согласно [7] «по своему влиянию на ход процесса обескостривания количество воздействий примерно равноценно частоте вращения трепальных барабанов. ... С точки зрения сохранности волокна добиваться нужной чистоты волокна более целесообразно путем увеличения количества воздействий». Таким образом, для любого типа тресты существует сочетание частоты вращения трепальных барабанов и скорости зажимного транспортера, обеспечивающее оптимальное количество воздействий на обрабатываемый материал и наилучшие результаты переработки – максимальный выход длинного волокна при сохранении его качества. Создаваемые системы автоматического управления процессом получения длинного волокна должны обеспечивать своевременную реализацию оптимального количества воздействий на материал при изменении его свойств, существенно не изменяя при этом производительность технологического оборудования и не нарушая поточности процесса.

Таким образом, возможно создание системы с двумя управляемыми параметрами – скорость транспортера СМ и частота вращения трепальных барабанов.

Одной из важных задач в моделировании процессов первичной переработки льна является определение характера динамики переходных процессов при изменении технологических настроек оборудования [11]. Для решения этой задачи возможно применение как математических

моделей в виде дифференциальных уравнений и передаточных функций, так и имитационных моделей на основе современных программных средств численного моделирования. Первый подход подразумевает хорошее знание процессов, происходящих внутри технологического оборудования, второй метод позволяет комбинировать результаты теоретических исследований с экспериментальными данными и поэтому в нашем случае является наиболее удобным.

Определим те условия и допущения, которые будут заложены в модель процесса трепания. Будем считать, что переходный процесс по выходным параметрам (выход длинного волокна и содержание костры) обусловлен соответствующими переходными процессами по входным координатам, и движение системы происходит по  $N$ -мерным поверхностям, где  $N$  – количество входных координат (то есть параметров управления и возмущения). Примером таких поверхностей может служить система уравнений, полученная эмпирически [3].

Предложенный алгоритм управления технологическим процессом получения длинного волокна по принципу компенсации возмущения с оперативной коррекцией настроек реализован в системе КОНГРАФ (далее КОНГРАФ), предназначенной для разработки алгоритмов управления для приборов комплекса КОНТАР. Программа дает пользователю возможность на доступном технологическом языке функциональных блоков запрограммировать свою задачу или выбрать наиболее близкое решение из предлагаемого набора типовых проектов.

С помощью имитационной модели получены переходные характеристики объекта управления по параметрам возмущения и управления (рис. 1-4). Это позволит в дальнейшем проводить расчеты оптимальных настроек и иных параметров автоматических регуляторов.

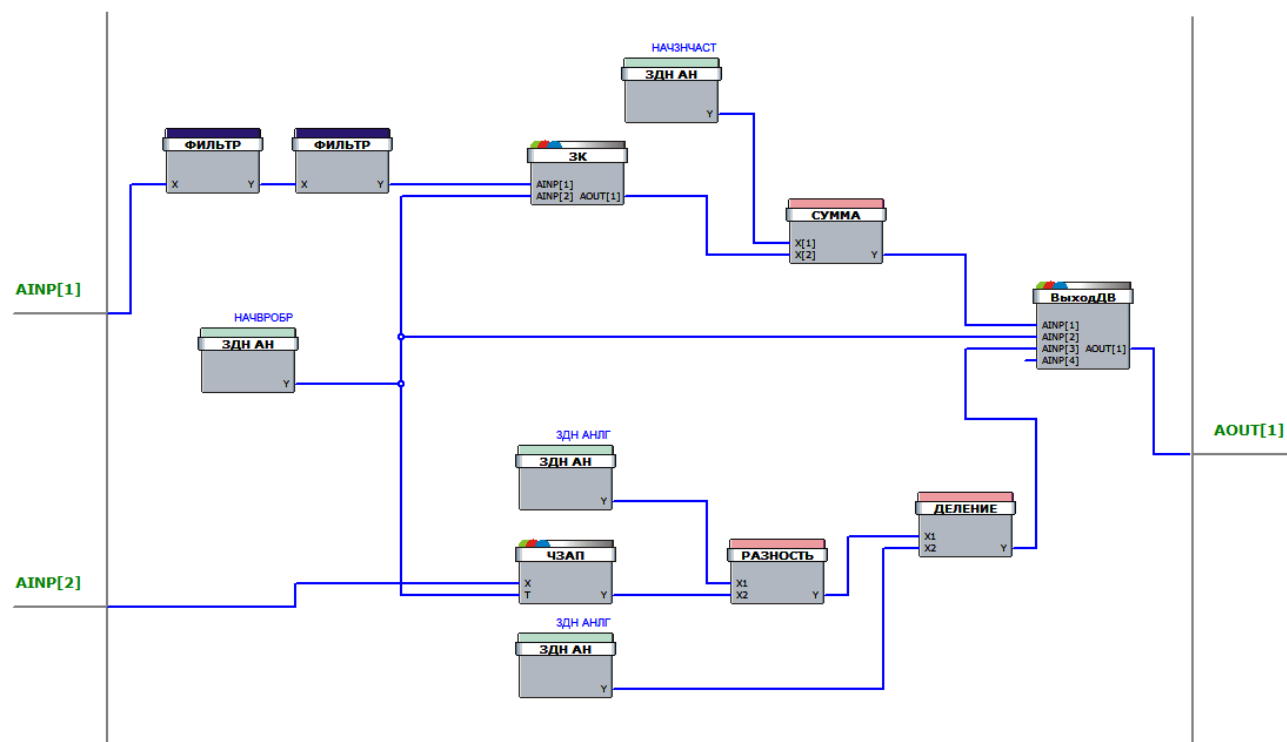


Рисунок 1 – Модель процесса трепания

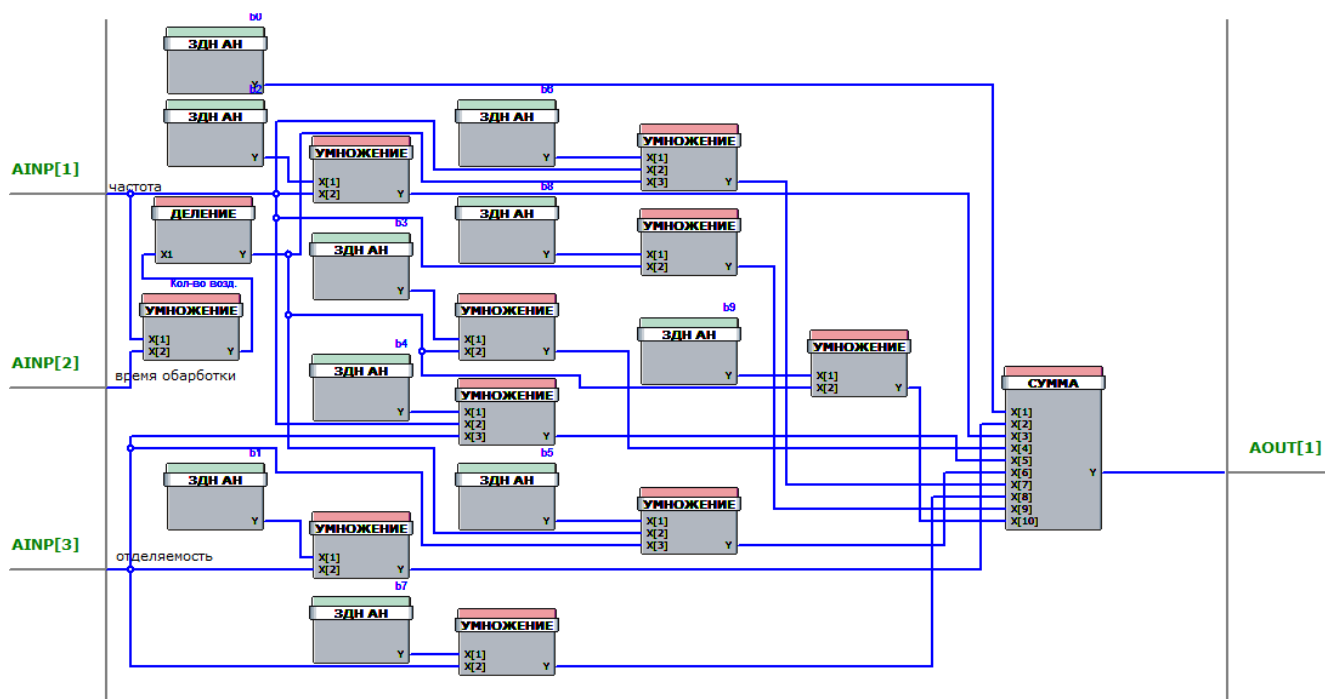


Рисунок 2 – Блок ВыходДВ

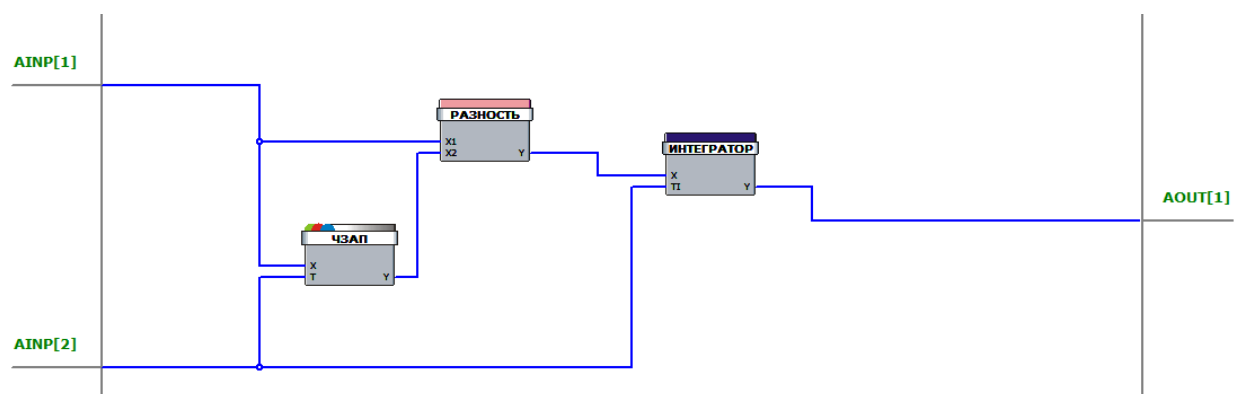


Рисунок 3 – Блок ЗК

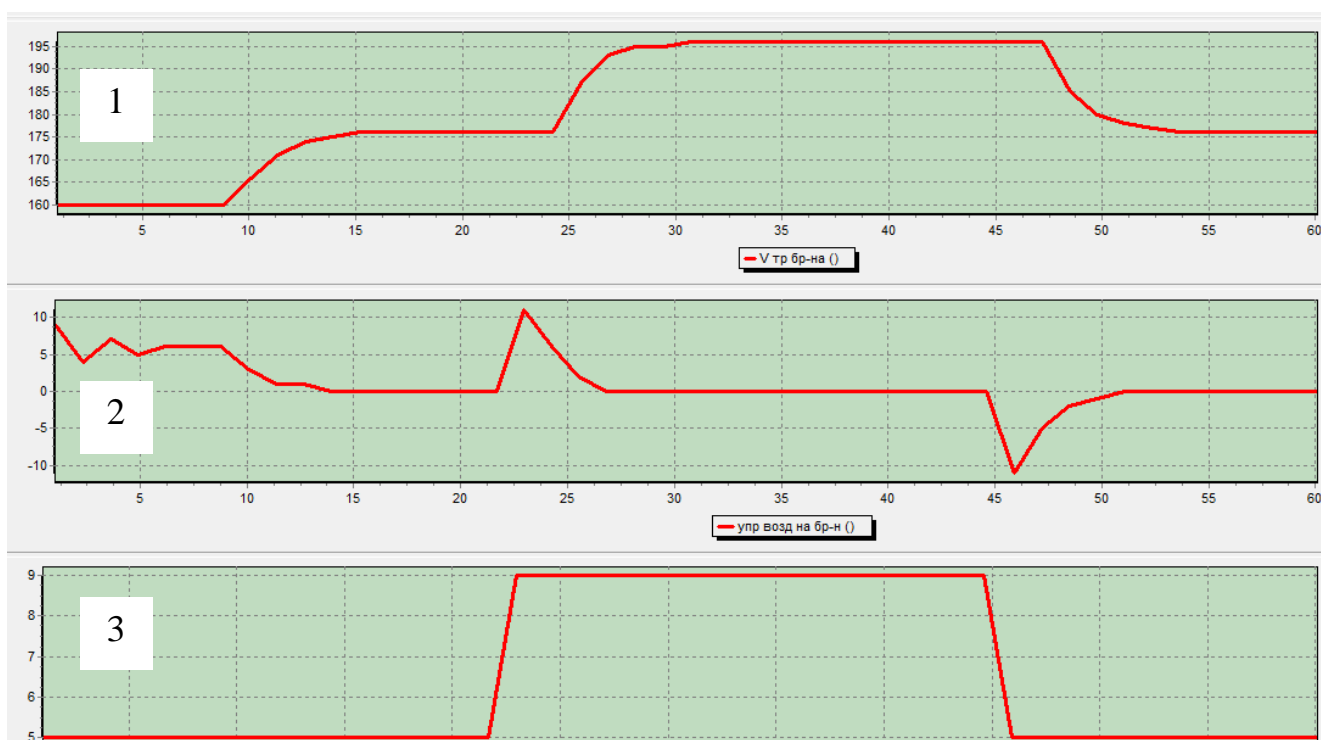


Рисунок 4 – Реакция объекта (изменение скорости трепального барабана) на ступенчатое входное воздействие 3 (изменение влажности тресты) по параметрам управления 1 и возмущения 2

Как и в любой традиционной системе, в составе можно выделить управляющую часть – систему управления, и объект управления [12]. Объектами управления выбраны электродвигатели МТА и транспортера СМ. К регулируемым параметрам отнесены влажность льнотресты, частота вращения трепального барабана и скорость транспортера СМ. Система

управления состоит из четырех блоков: фаззи–регулятор, блок памяти, блок передачи управления и блок анализа (рис. 5).

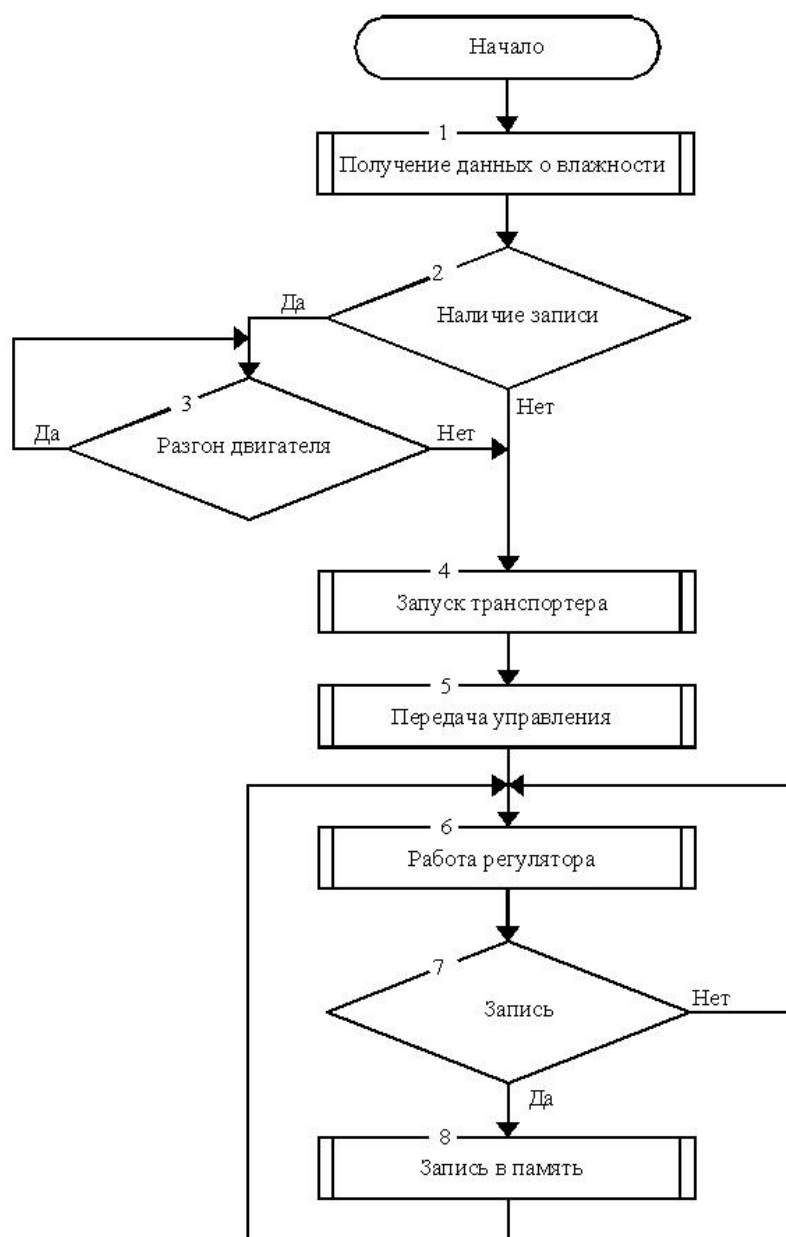


Рисунок 5 – Алгоритм работы системы управления с простым подключением транспортера

При реализации системы с простым подключением транспортера СМ (рис. 5) транспортер включается по команде системы и работает в нерегулируемом режиме. При реализации системы с подключением транспортера (рис. 6) скорость транспортера является регулируемой.

Контроль влажности производится датчиком, установленным на выходе СМ, по результатам контроля выбирается частота вращения трепального барабана.

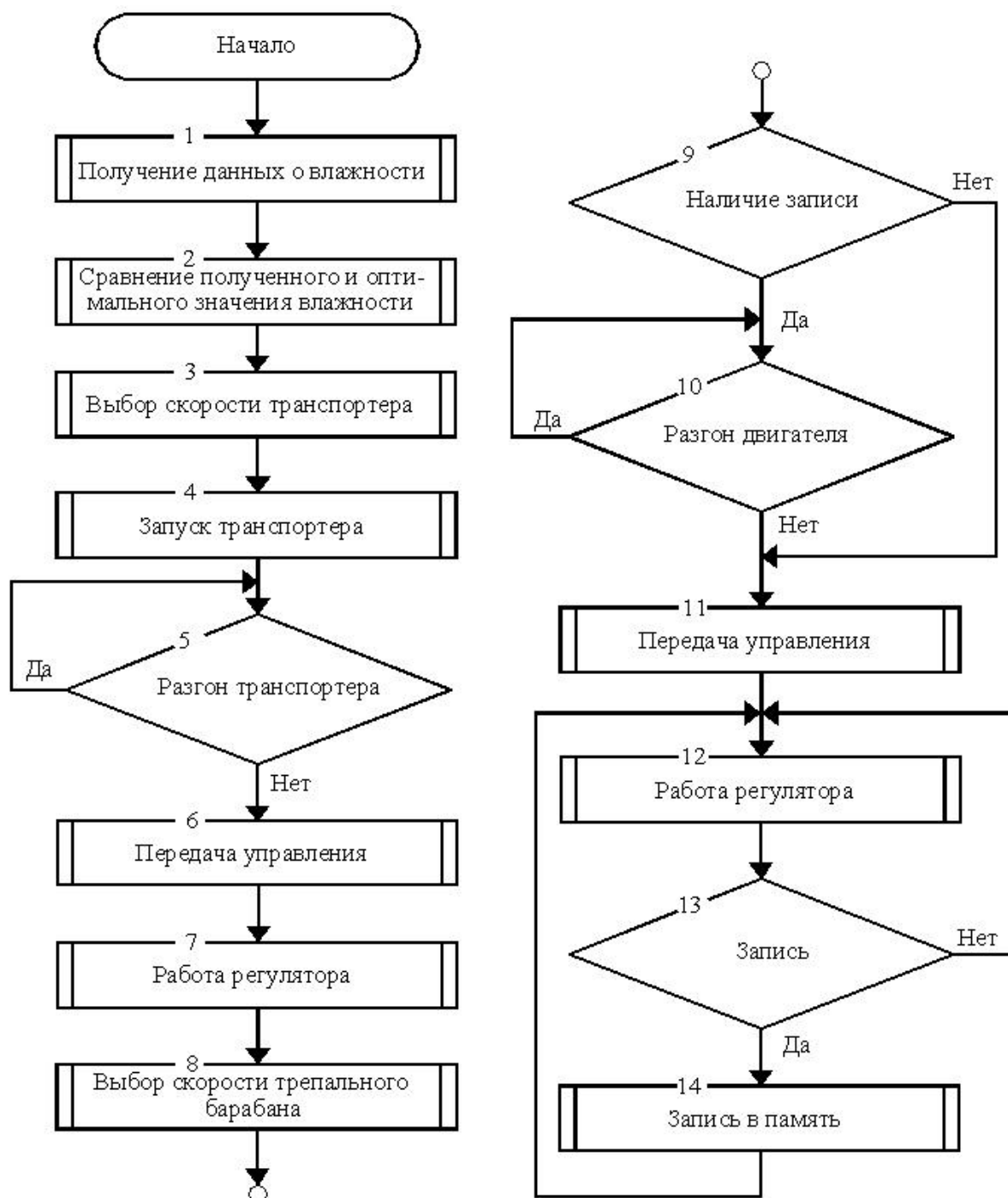


Рисунок 6 – Алгоритм работы системы управления с регулируемой скоростью транспортера

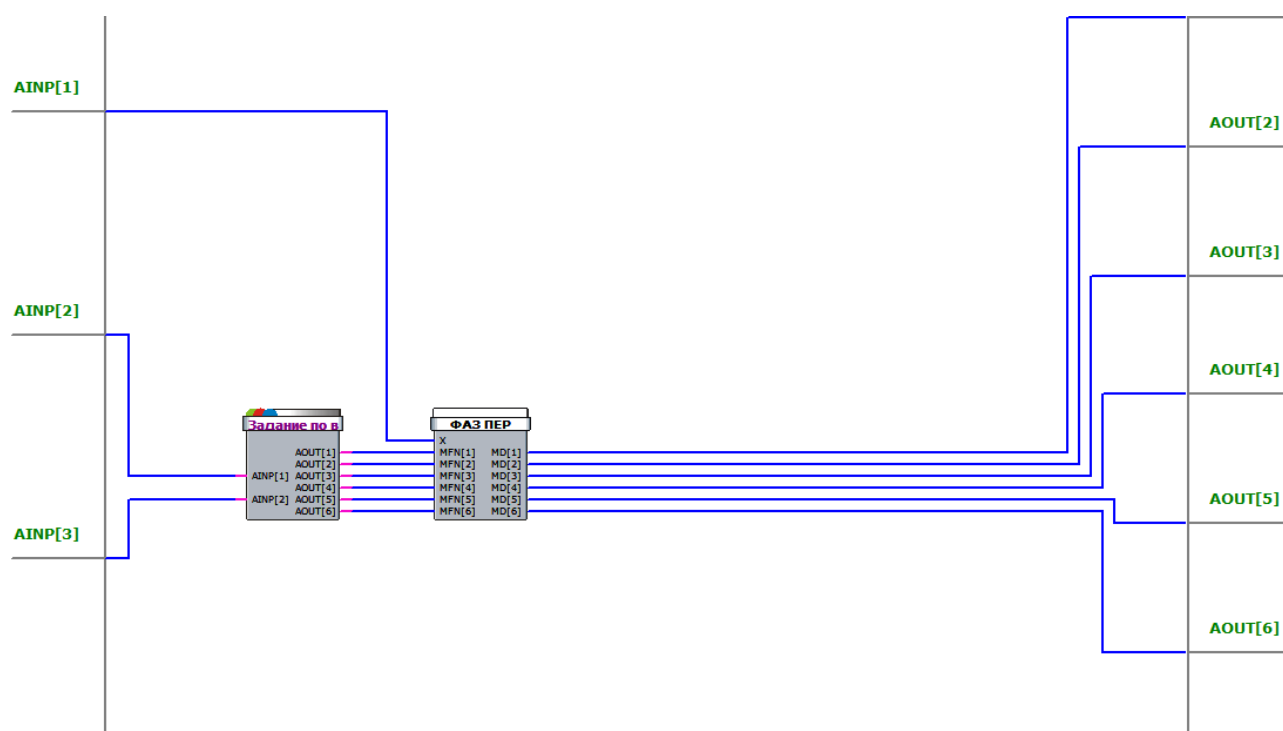


Рисунок 7 – Блок фаззификации по параметру влажность

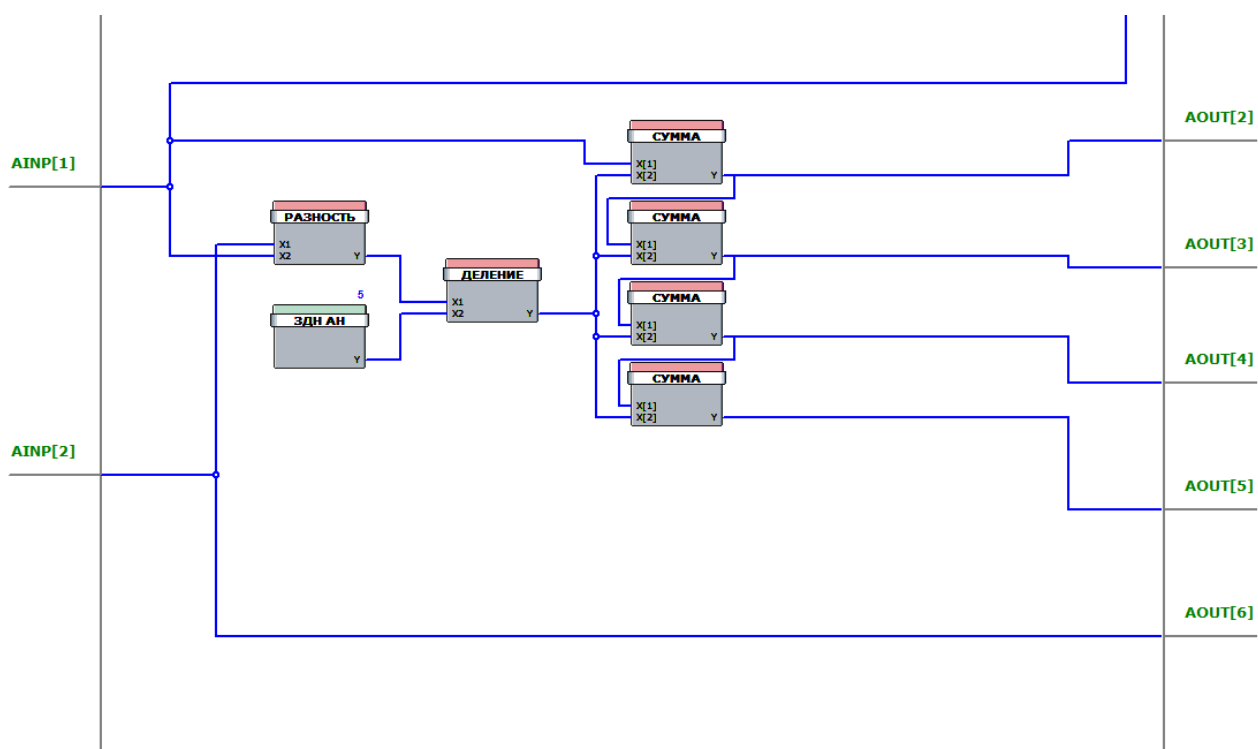


Рисунок 8 – Блок задания влажности

Реализация алгоритма управления в регулируемых электротехнических системах возлагается на фаззи–регулятор (ФР) [12].

Свод правил для варианта фаззи–управления с тремя входными ( $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ) и двумя выходными ( $y_1$ ,  $y_2$ ) переменными представлен в виде таблицы правил (рис. 9). Каждая из трех входных переменных имеет шесть термов ( $D1$ ,  $D2$ ,  $D3$ ,  $D4$ ,  $D5$ ,  $D6$ ), а выходные переменные, являющиеся управляющим воздействием, – девять термов ( $NB$ ,  $NK$ ,  $NM$ ,  $NS$ ,  $Z$ ,  $PS$ ,  $PM$ ,  $PK$ ,  $PB$ ).

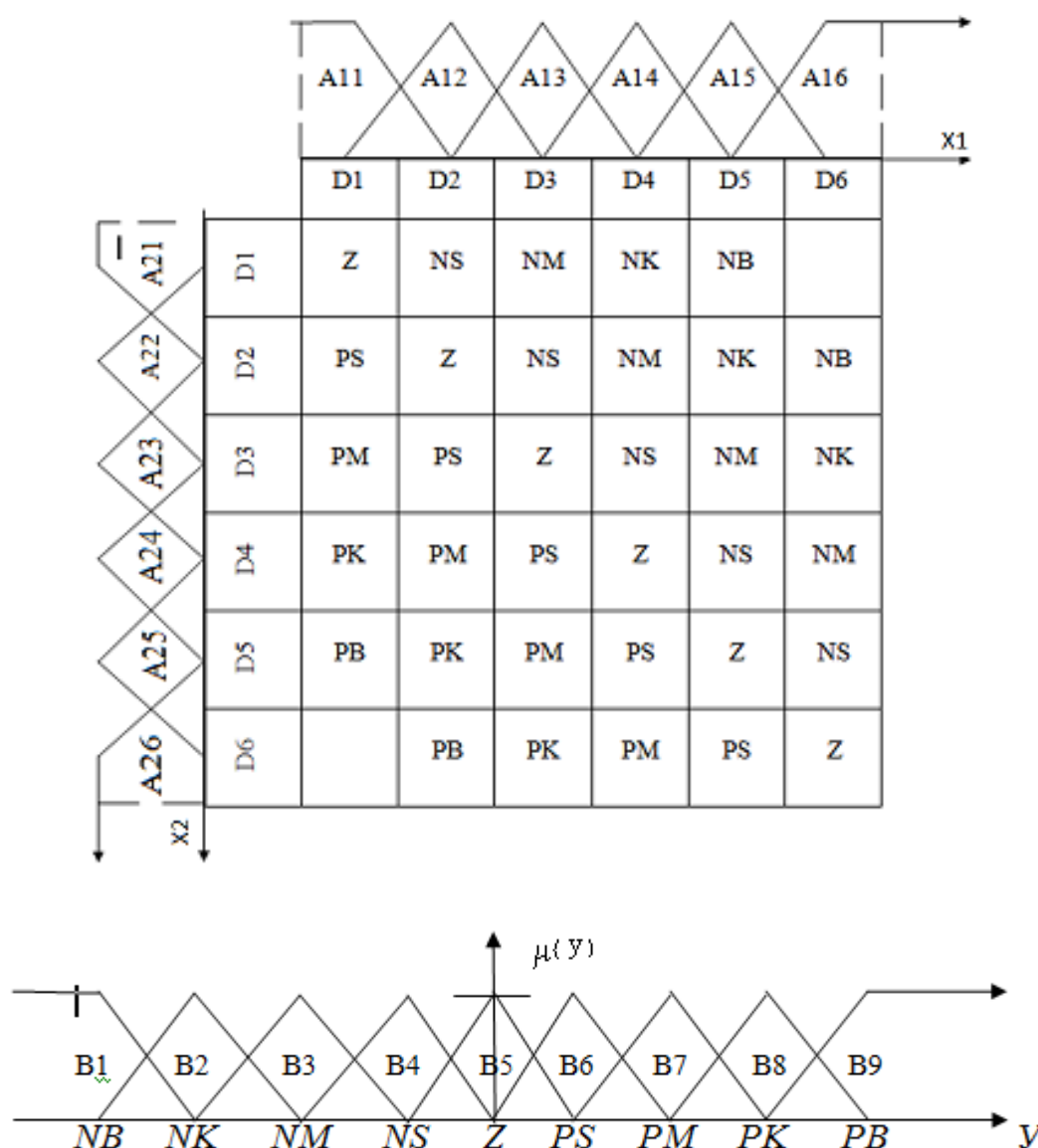


Рисунок 9 – Табличное представление алгоритма фаззи–регулирования смешанной системы по координатам частота вращения трепального барабана ( $x_1$ ) и скорость зажимного транспортера ( $x_2$ )

Предложенный и реализованный в системе КОНГРАФ алгоритм фаззи-регулирования предусматривает наличие блока передачи управления (БПУ) для анализа задающих значений, записанных в память, разгона двигателей до необходимой скорости за минимальное время и передача управления регулятору (рис. 10).

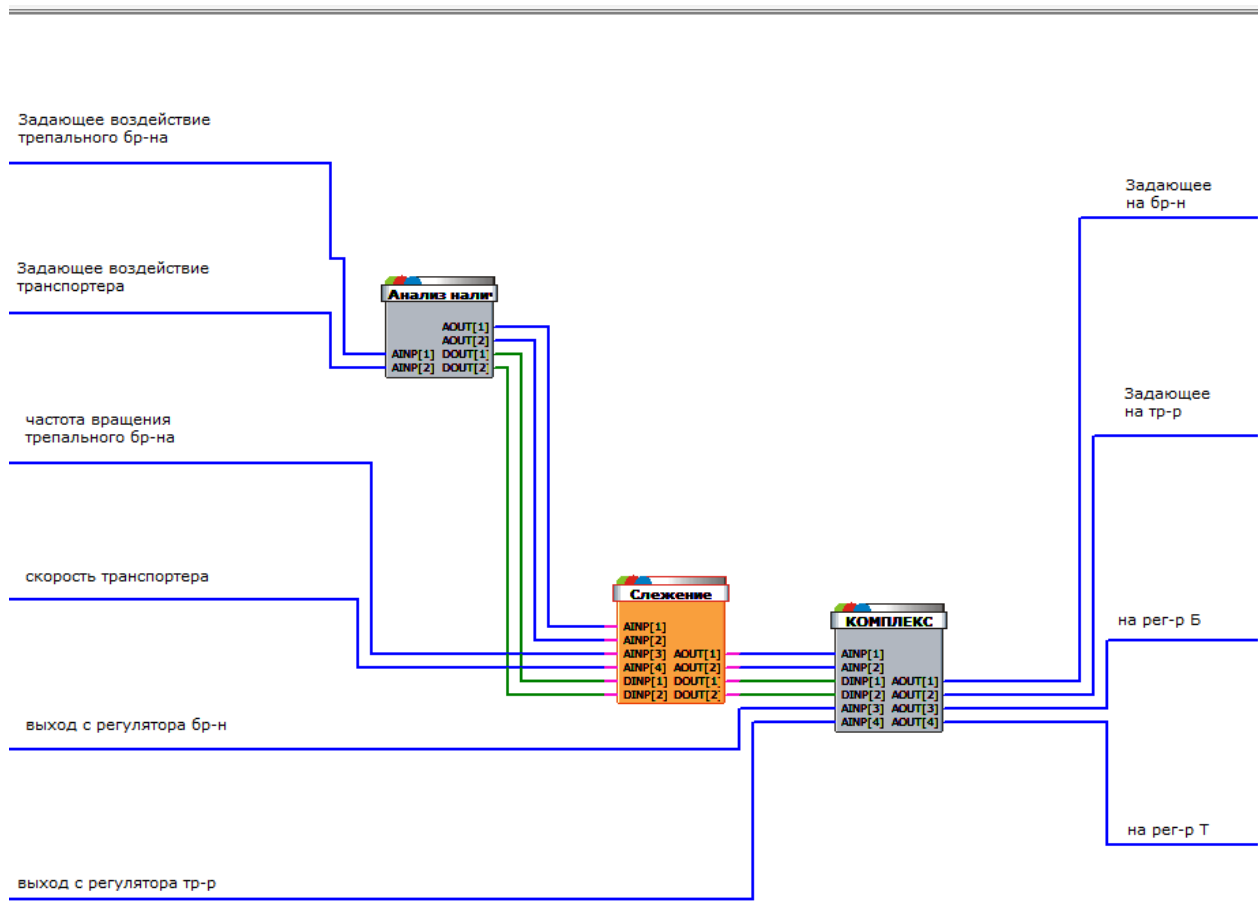


Рисунок 10 – Блок передачи управления

Анализ сигналов из блока памяти позволят БПУ определить, в каком режиме он должен работать. Различают 4 режима работы БПУ:

Режим 1. Разгон с «0» соответствует режиму «отсутствия записи в памяти»;

Режим 2. Разгон с «заданного в памяти значения»;

Режим 3. Запуск транспортера с заданной скоростью;

Режим 4. Передача управления ФР.

Также в системе предусмотрен блок слежения за разгоном, контролирующей изменение частоты вращения трепального барабана и скорости транспортера СМ. Как только скоростные параметры становятся равны задающим воздействиям, срабатывает БПУ. При равенстве разности значений скоростей нулю БПУ и подключает к работе ФР.

Рассмотрим порядок работы системы в каждом из возможных режимов.

*Схема с простым подключением транспортера.*

*Режим 1.* При установке данной системы на МТА система не содержит в памяти информации. Это соответствует 1 режиму работы. БПУ передает управление ФР (4 режим работы БПУ).

*Режим 2.* В процессе работы система запоминает значения частоты вращения трепального барабана (СКБ). После останова МТА необходимо с пульта ввести значение влажности льнотресты. Блок памяти определит наличие записи и выдаст значение СКБ, после получения которого БПУ подает управляющий сигнал и разгоняет барабан до заданной частоты. После чего БПУ перейдет в 4 режим работы.

*Режим 3.* Как только барабан разгоняется до необходимой частоты, включается транспортер СМ. Льнотреста проходит все зоны СМ, на выходе из которой ее влажность контролируется датчиком. Информация с датчика считывается системой и при необходимости происходит перерегулирование скорости.

*Режим 4.* Этому режиму соответствует работа ФР. После выполнения заданных операций БПУ всегда переходит в 4 режим.

*Схема с подключением транспортера.*

*Режим 1.* При установке данной системы на МТА система не содержит в памяти информации. Это соответствует 1 режиму работы. БПУ передает управление ФР (4 режим работы БПУ).

*Режим 2.* В процессе работы система запоминает значения частоты вращения трепального барабана (СКБ) и скорости транспортера СМ (СТ) . После останова МТА необходимо с пульта ввести значение влажности льнотресты. Блок памяти определит наличие записи, а блок анализа определит СТ для получения льнотресты с оптимальным для трепания значением влажности (12-14%). Получив значение СТ, БПУ подает управляющий сигнал и разгоняет транспортер до заданной скорости. После чего БПУ передаст управление транспортером ФР и перейдет в 3 режим.

*Режим 3.* Как только с датчика влажности, установленного на выходе СМ, начнут поступать значения, БПУ определит наличие записи и разгонит барабан до нужной частоты вращения. Одновременно с этим отслеживая влажность льнотресты и регулируя скорость транспортера. Как только барабан будет разогнан до необходимой частоты, БПУ перейдет в 4 режим.

*Режим 4.* Режиму работы 4 соответствует работа ФР. После выполнения заданных операций БПУ всегда переходит в 4 режим работы.

Следует отметить наличие в системе блока анализа управляющих воздействий, который сравнивает выходные управляющие воздействия (рис.11). Когда они становятся равны нулю, система оказывается в установившемся режиме. После чего блок разрешает внести изменения в память и записать установившееся значение скорости транспортера и частоты вращения трепального барабана.

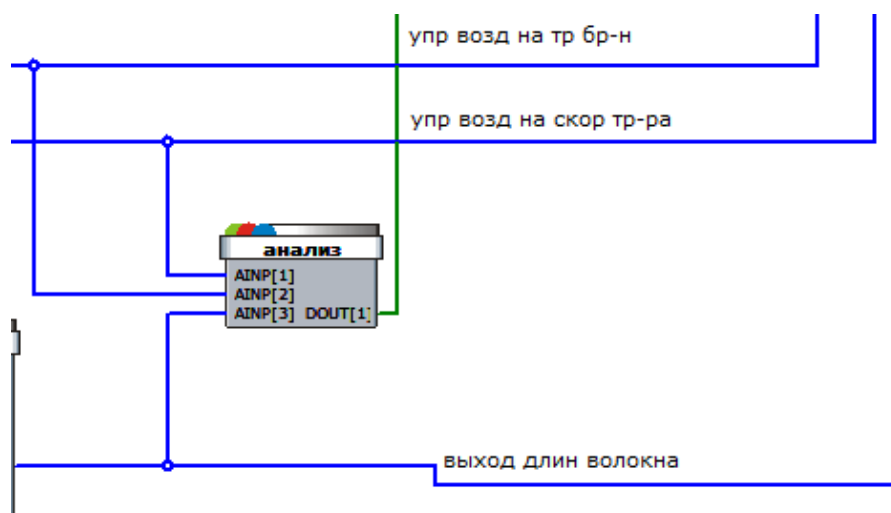


Рисунок 11 – Блок анализа управляющих воздействий

### Выводы

1. Обоснована целесообразность создания системы управления процессом получения длинного льняного волокна с двумя управляемыми параметрами – скорость транспортера сушильной машины и частота вращения трепальных барабанов.

2. Предусмотренная система сохранения данных обеспечивает высокий результат перерегулирования за счет определения оптимального режима работы. Такой подход позволяет использовать стандартные ручные влагомеры и вводить информацию о влажности льнотресты один раз начале работы поточной линии либо регулировать влажность льнотресты посредством управления скоростью транспортера сушильной машины, добиваясь оптимального значения влажности, что ведет к увеличению выхода длинного волокна.

3. В случае отсутствия необходимого оборудования, позволяющего использовать весь потенциал системы управления, отдельные части системы отключаются или переводятся в режим слежения, что не влияет на работу самой системы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дроздов Ю.В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением слоя стеблей при получении трепаного льна. Дисс. .... к.т.н., Кострома, 2004.
2. Петров С.С. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата по показателю отделяемости льнотресты. Дисс. ... к.т.н., Кострома, 2007.
3. Катков А.А. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты. Дисс. ... к.т.н., Кострома, 2008.
4. Ефремов А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости. Дисс. ... к.т.н., Кострома, 2008.
5. Румянцева И.А. Совершенствование системы контроля параметров качества льняной стланцевой тресты. Дисс. ... к.т.н., Кострома, 2007.
6. Автоматизация производства льняного волокна: учебное пособие / под общ. ред. Б.А. Староверова – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2008.
7. Марков В.В. Первичная обработка лубяных волокон / В.В. Марков, Н.Н. Суслов, В.Г. Трифонов, А.М. Ипатов. – М., Легкая индустрия, 1974.
8. Новиков Э.В. Совершенствование теории и технологии процесса очистки длинного льняного волокна / Э.В. Новиков, Р.В. Корабельников. – Кострома, 2006.
9. Вихарев С.М. Совершенствование конструкции и технологических параметров машины для трепания льна. Дисс. ... к.т.н., Кострома, 2003.
10. Дьячков В.А. Теоретическое обоснование технологических и конструктивных параметров машин для производства длинных волокон льна. Дисс. ... д.т.н., Кострома, 2003.
11. Вихарев С.М. Совершенствование методов и средств управления процессами получения длинного льняного волокна на мяльно-трепальном агрегате : монография / С.М. Вихарев. – Кострома : КГТУ, 2010.

12. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: справочное пособие / под. ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989.

Vikharev S.M., Tsapaev R.V., Fedosova N.M.