

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ
ДЛИННОГО ВОЛОКНА НА МЯЛЬНО-ТРЕПАЛЬНОМ АГРЕГАТЕ***

Соколов А.С., Вихарев С.М. Федосова Н.М.

(Костромской государственной технологической университет)

С целью повышения эффективности переработки льняной тресты контроль и дифференциацию технологического процесса предложено осуществлять посредством смешанной системы автоматизированного управления процессом получения длинного волокна. Для улучшения функционирования системы управления предложено использовать устройство контроля массы и плотности материала. Моделирование работы различных типов регуляторов показало целесообразность применения фаззи-регулятора для управления процессом получения длинного льняного волокна.

В ряде работ отмечена невозможность либо сложность создания смешанной системы управления процессом получения длинного волокна, в которой управление осуществляется по координатам и входящего сырья, и конечного продукта. В работах [1-5] рассмотрены такие характеристики слоя как его положение относительно зажимных транспортеров трепальной машины (ТМ), отделяемость и влажность тресты, структура слоя (дезориентация стеблей) и предложено вносить соответствующие управляющие воздействия на слой материала или на рабочие органы машин мяльно-трепального агрегата (МТА) с учетом изменения указанных характеристик.

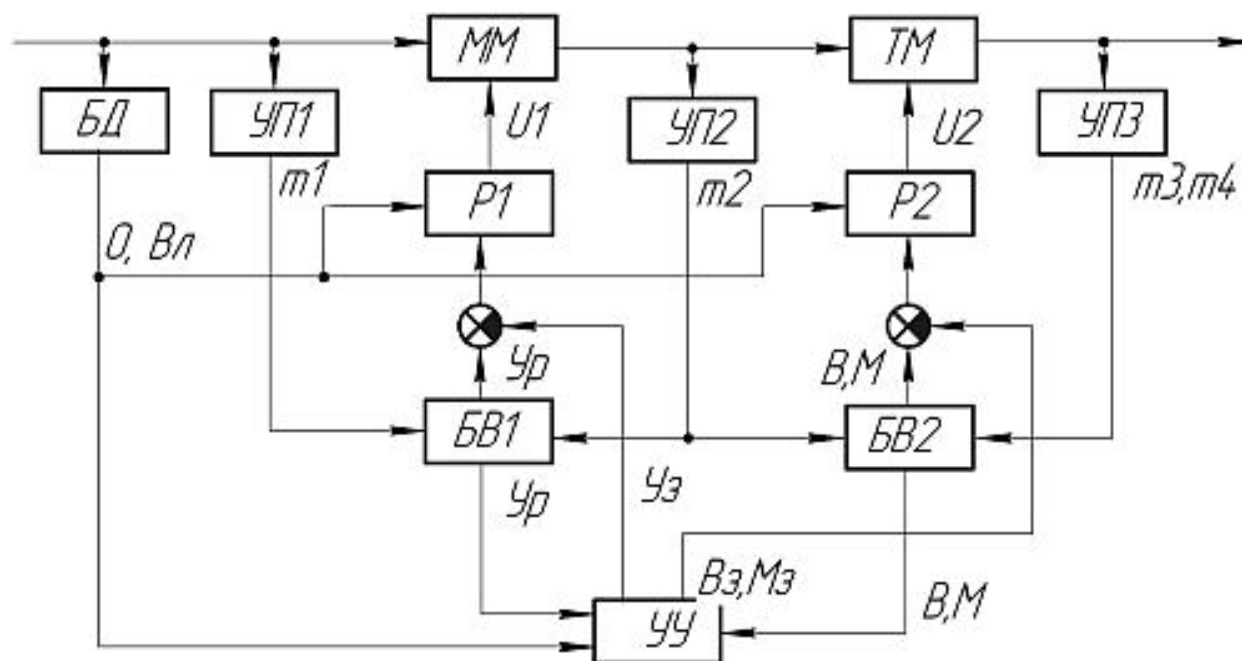
Недостатки такого подхода общеизвестны. Во-первых, это необходимость учета довольно большого массива данных. В случае обработки льняной тресты – это параметры входящего на обработку слоя и, желательно, их изменение в ходе переработки. Во-вторых, отсутствие у самой системы сведений об эффективности, результативности управления. Эти проблемы обычно решаются путем введения обратной связи по характеристикам конечного продукта. В нашем случае, такими характеристиками могут являться выход длинного волокна и массовая доля недоработки. Третью, обычно используемую характеристику – массовую долю костры, а иногда закостренность – можно исключить, считая в рамках поставленной задачи, что волокна с повышенным содержанием костры будут отнесены к недоработке.

Значения выхода длинного волокна и массовой доли недоработки могут быть получены путем контроля массы волокнистого материала на различных этапах обработки тресты. Для этого предложено применять устройство [6], которое позволяет контролировать массу и плотность движущегося материала во времени.

С использованием этого устройства возможно создание нескольких типов систем управления. Наиболее простой вариант – разомкнутая система. В этом случае в имеющийся массив измеряемых координат [1-5] можно включить линейную плотность слоя, что, как известно из [7], является важным фактором, оказывающим влияние на эффективность процессов мятья и трепания. Способы регулирования процесса трепания известны [7]. Простыми и доступными параметрами регулирования с точки зрения автоматизации являются: изменение времени обработки материала за счет изменения скорости зажимного транспортера ТМ и изменение частоты вращения трепальных барабанов. Что касается процесса мятья, то возможно изменение глубины захождения рифлей, давления на мяльные вальцы, изменение набора мяльных вальцов [7].

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №09-08-97500 р_центр_a

Анализ возмущающих воздействий, влияющих на ход технологического процесса, показал, что основными из них являются влажность тресты, растянутость слоя, степень вылежки и средняя массодлина слоя [8]. Изменяя скоростные параметры рабочих органов ТМ, можно компенсировать лишь вариацию влажности и отделяемости тресты. Именно эти характеристики состояния тресты на входе в МТА и предложено измерять автоматически. Структура разработанной системы управления процессом механической обработки льняной тресты изображена на рис. 1.



ММ – мяльная машина; ТМ – трепальная машина; УП1-УП3 – устройства контроля плотности; БД – блок датчиков; БВ1 – блок вычисления умина; БВ2 – блок вычисления выхода длинного волокна и массовой доли недоработки; Р1, Р2 – регуляторы; В3, М3, Уз – заданные значения выхода длинного волокна, массовой доли недоработки и умина соответственно; В, М, Ур – измеренные значения выхода длинного волокна, массовой доли недоработки и умина соответственно; О – отделяемость тресты; Вл – влажность тресты; U1 и U2 – управляющее воздействие на электро- и сервопривод ММ и ТМ соответственно

Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом получения длинного волокна на мяльно-трепальном агрегате

Блок датчиков БД осуществляет измерение параметров слоя (влажность и отделяемость тресты). Эта информация поступает на Р1 и Р2 – регуляторы, управляющие электро- и сервоприводом мяльной машины (ММ) и ТМ соответственно. Таким образом, получается первый уровень системы управления – разомкнутое управление по параметрам поступающего в обработку слоя тресты. Введение в систему УП1–УП3 (устройств измерения массы и плотности продукта по [6]) позволяет контролировать плотность материала на различных этапах обработки (между составными частями МТА) и оценивать в блоках вычисления величину умина (БВ1), массовую долю недоработки и выхода длинного волокна (БВ2). Это обеспечивает корректировку параметров регулирования в зависимости от выходных параметров, т.е. замыкает местные обратные связи для контуров управления ММ и ТМ, и таким

образом устраняет недостатки разомкнутого регулирования. В итоге получили два контура смешанного регулирования – регулирование умина и регулирование выхода длинного волокна и массовой доли недоработки.

Однако с точки зрения эффективности технологического процесса обработки льняного сырья важными являются параметры длинного волокна на выходе ТМ. Соответственно управление процессом мятья должно осуществляться в функции выходных параметров ТМ, то есть задание на регулирование процесса мятья будет формироваться в зависимости от выходных и управляющих параметров контура регулирования ТМ. Для этого в схему вводится управляющее устройство УУ, задачами которого являются сбор информации по переходам, оптимизация и выдача задающих воздействий на контуры системы.

Одной из проблем, связанных с внедрением таких систем на практике, является отсутствие универсальных моделей, достаточно точно описывающих характер и силу влияния отдельных качественных характеристик слоя льняной тресты на величину выхода и качества длинного льняного волокна. Для ее решения возможно применение нейронных сетей при создании систем управления. Использование теории нечетких множеств при организации подобных систем обеспечивает необходимую точность управления.

С этой точки зрения представляет интерес система управления [5], предусматривающая применение аппарата нейросетевого анализа на этапе заготовки льнотресты, позволяющего решать задачи взаимного влияния факторов связанных, как со свойствами льнотресты, так и с технологическими режимами обработки. На основе прогнозов подбираются оптимальные режимы обработки тресты в трепальной машине.

Также известна пятислойная гибридная нейронная сеть, позволившая обеспечить управление технологическим процессом механической обработки практически во всем технологическом диапазоне значений влажности и отделяемости льнотресты [4]. Система управления процессом получения длинного волокна предполагает автоматический контроль отделяемости, влажности и пригодности льняной тресты к трепанию. Применение принципов фаззификации параметров тресты, предусмотренное в этой системе, позволяет проводить плавное и достаточно точное регулирование режимов процесса трепания.

Ранее предложены алгоритмы фаззи-управления [9], которые наиболее соответствуют существующей технологической ситуации на льнозаводах, так как их достоинством является отсутствие жестких требований к точности модели объекта. Это особенно важно в отношении льняной тресты, отличающейся значительной вариацией отдельных качественных показателей, большая часть которых на практике определяется органолептически. Внедрение в производственную практику нечетких регуляторов не потребует создания сложных средств измерений. В частности, предложены своды нечетких правил для разомкнутой системы управления по координатам степень вылежки тресты – плотность слоя и смешанной системы по координатам степень вылежки – массовая доля недотрепа.

На основании созданной имитационной модели исследовано влияние различных видов регулирования на результат работы предложенной системы управления. Для реализации полученных алгоритмов было разработана программа на языке FBD в программной оболочке КОНГРАФ контроллеров комплекса КОНТАР.

Для сравнения выбраны системы смешанного типа с фаззи-регулятором по координатам выхода длинного волокна и отделяемости тресты и замкнутые системы с ПИД-регуляторами. Расчет параметров ПИД-регулятора проводили по методам Зиглера–Никольса (Zigler–Nicols, ZN) и Чэйена, Хронса и Резвика (*Chien, Hrones, Reswick, CHR*) [10, 11].

На основании переходной характеристики объекта управления, полученной при подаче единичного скачка по управлению [12], оценены необходимые параметры a и L , позволяющие определить параметры регулятора. При $a = 0,385$ и $L=0,8$ настройки регуляторов будут следующими:

а) по методу ZN

$$K = \frac{1,2}{a} = 3,17; \quad T_i = \frac{0,9L}{K} = 0,3; \quad D = \frac{Td}{T_i} = \frac{0,5}{0,9} = 0,56;$$

б) по методу CHR

$$K = \frac{0,6}{a} = 1,56; \quad T_i = \frac{1,0L}{K} = 0,5; \quad D = \frac{Td}{T_i} = \frac{0,5}{0,1} = 0,5,$$

где K – коэффициент усиления регулятора; Td – постоянная дифференцирования; T_i – постоянная интегрирования.

Рассмотрим переходные характеристики объекта с регуляторами при набросе возмущения (рис. 2) и управления (рис. 3). Из графиков видно, что фаззи-регулятор имеет лучшее быстродействие, но меньшую точность в статике. Из ПИД-регуляторов наиболее быстрым, исходя из анализа времени регулирования, является регулятор, рассчитанный по методу ZN.

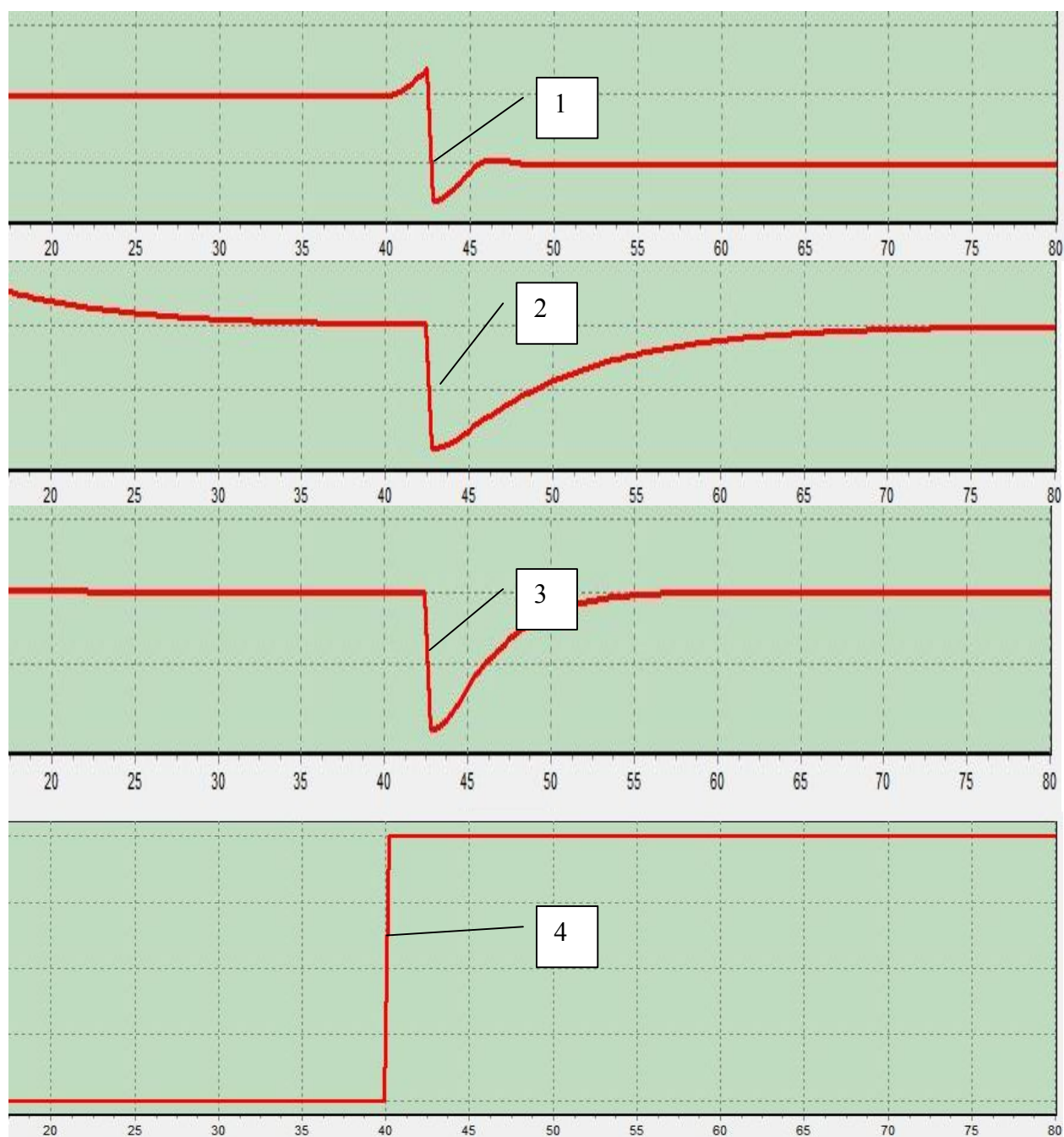


Рисунок 2 – Реакция объекта с регулятором на наброс возмущения по параметру отделяемости 4: 1 – фаззи-регулятор; 2 – CHR; 3– ZN (по оси абсцисс указано время реакции, с; по оси ординат – выход длинного волокна, % (графики 1-3) и отделяемость тресты, ед. – график 4)

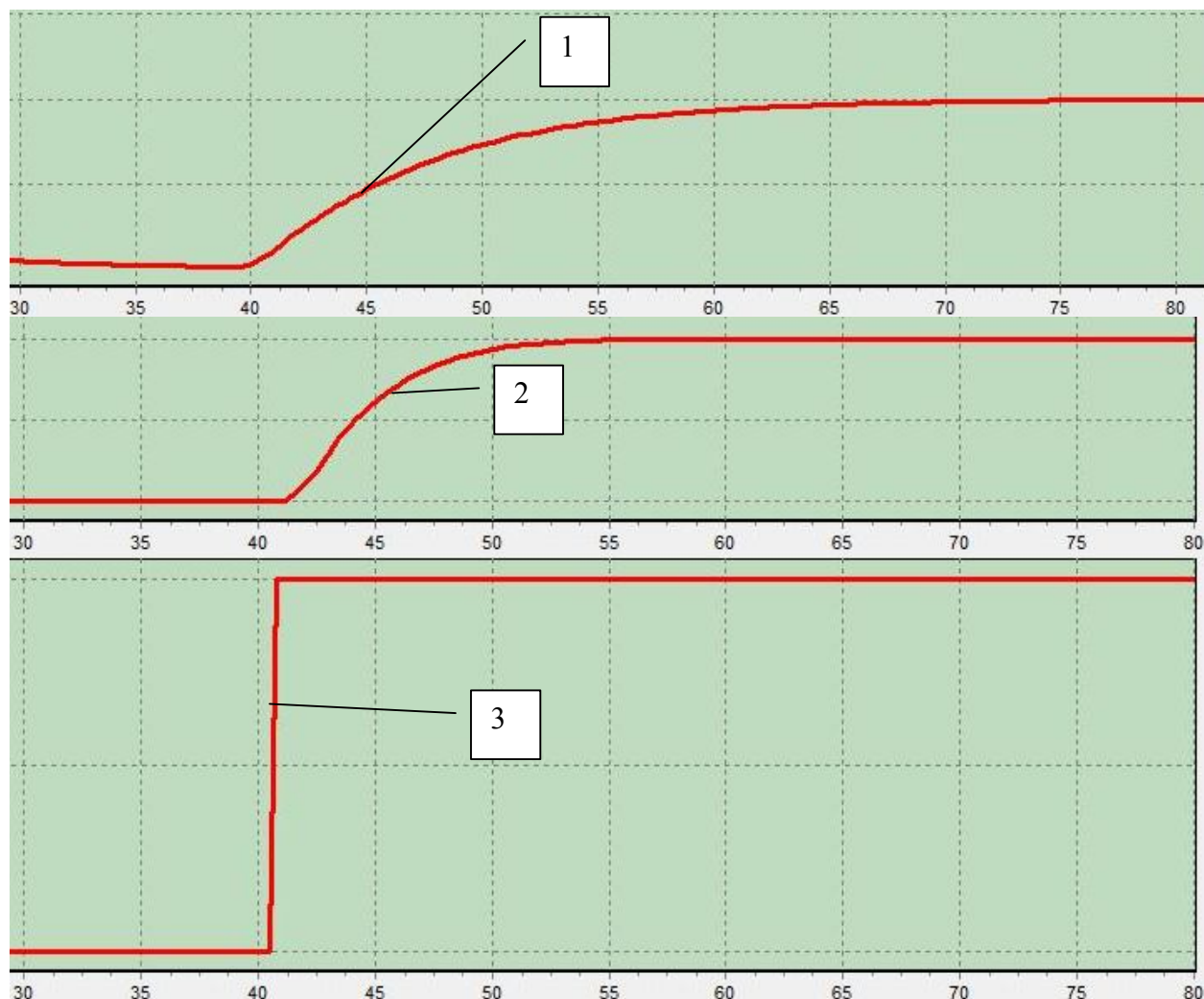


Рисунок 3 – Реакция объекта с регулятором на изменение задания по параметру выхода длинного волокна 3: 1 – CHR; 2 – ZN (по оси абсцисс указано время реакции, с; по оси ординат – выход длинного волокна, %)

Для проверки работоспособности данных регуляторов на реальной последовательности возмущений, использовали результаты исследования отделяемости, полученные С.С. Петровым [2]. Результаты реакции объекта на изменение этого параметра и реакция объекта с различными видами регуляторов представлены на рис. 4.

Для оценки качества фазз-регулирования в качестве сравнения выбран ПИД-регулятор по методу ZN, поскольку, как это видно из рис. 2-3, обладает лучшими показателями в сравнении с регулятором CHR.

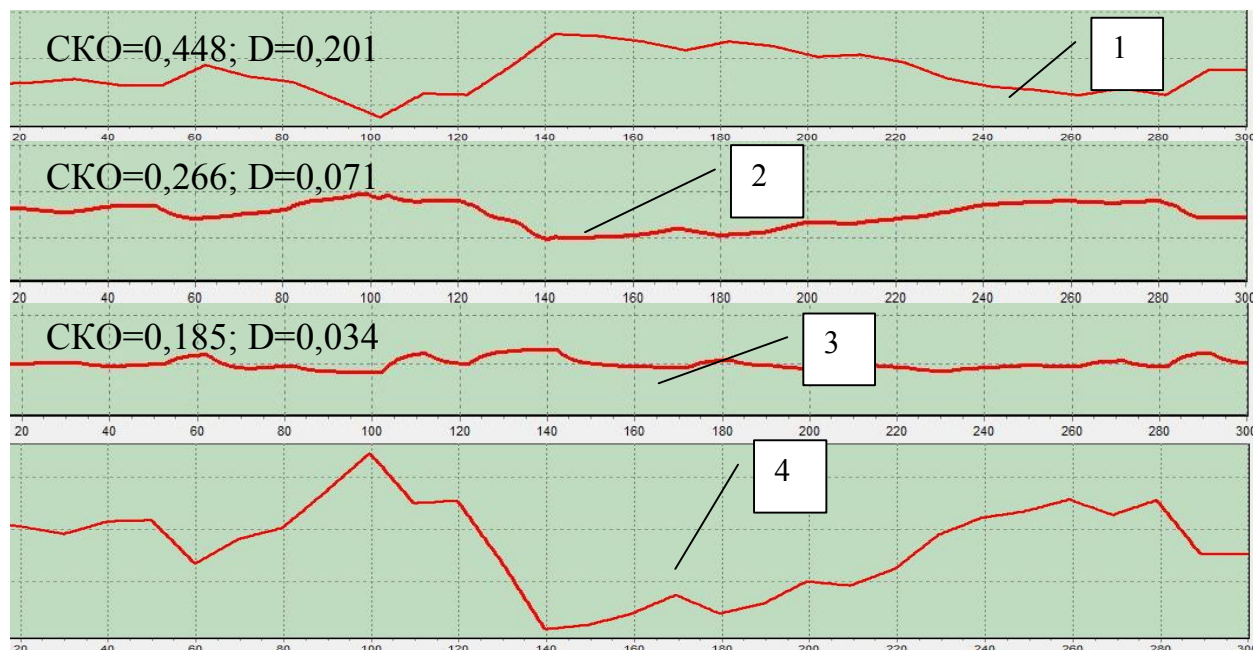


Рисунок 4 – Зависимость выхода длинного волокна от изменения отделяемости поступающего сырья 5 во времени: 1 – объект без регуляторов; 2 – с фаззи-регулятором; 3 – ZN ПИД-регулятор

Как было отмечено выше, одним из самых доступных для регулирования параметров трепальной машины является частота вращения трепальных барабанов. Поэтому представляет интерес анализ реакции этой характеристики на управляющее воздействие рассматриваемых регуляторов. Результаты моделирования динамики изменения частоты вращения трепальных барабанов представлены на рис. 5. Графики показывают, что нечеткое регулирование позволяет снизить количество регулирующих воздействий и их величину.

Как видим, применение регуляторов значительно (в 2–4 раза) снижает изменения выхода длинного волокна на выходе МТА. Наилучшим вариантом оказывается применение ПИД-регулятора с настройками по методу ZN. Однако следует учитывать, что исследования проводились на моделях со стабильными параметрами при медленном изменении возмущения. При колебании параметров модели лучшие результаты будет показывать фаззи-регулятор.

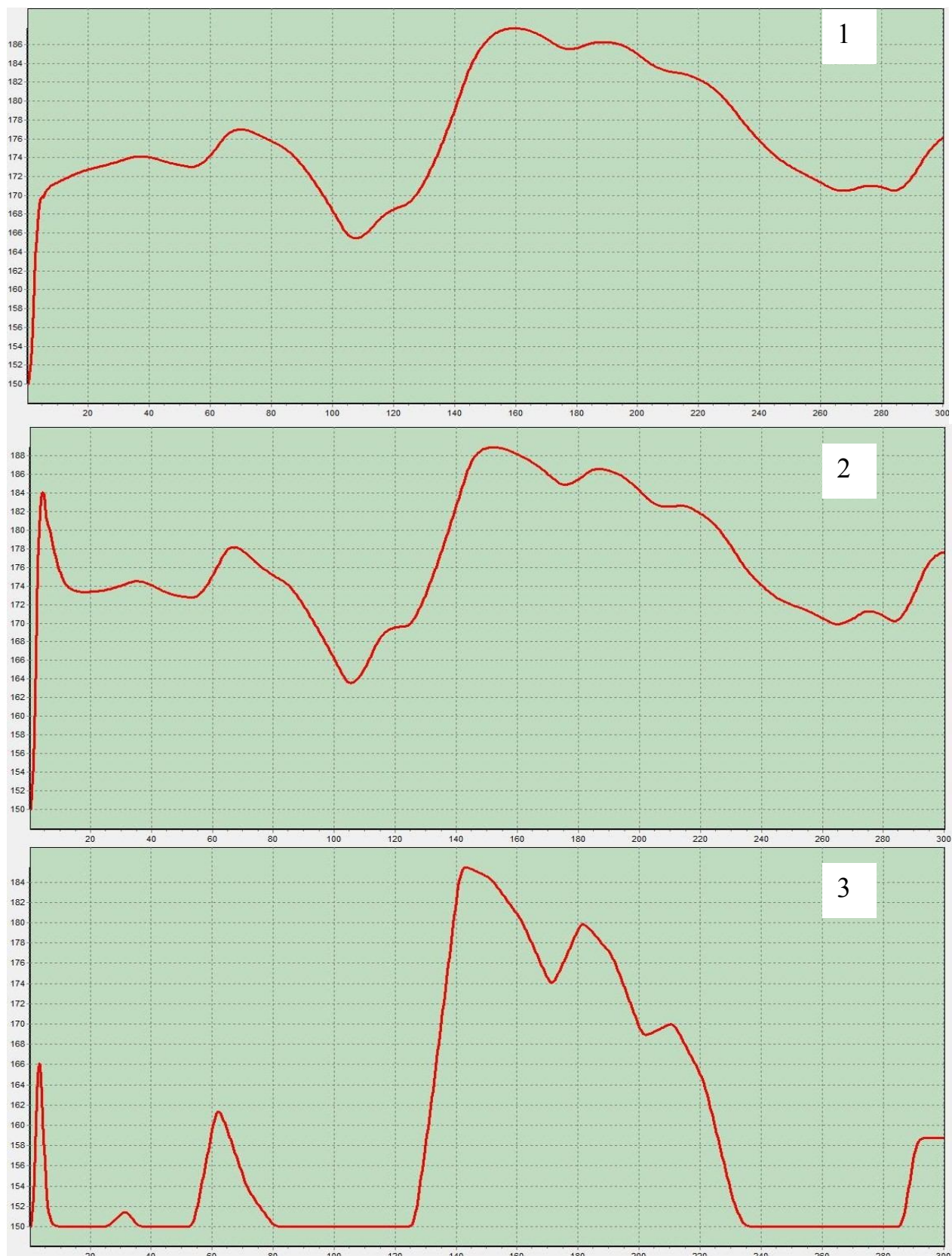


Рисунок 5 – Изменение частоты вращения трепальных барабанов при использовании регуляторов: 1 – CHR ПИД-регулятор ; 2 – ZN ПИД-регулятор; 3 – фаззи-регулятор

ВЫВОДЫ

1. Для улучшения функционирования системы управления технологическим процессом предложено использовать устройство контроля массы и плотности материала.

2. Разработана структура смешанной системы автоматизированного управления процессом получения длинного волокна, что позволит оперативно контролировать результаты обработки лубяного сырья в целом и на отдельных этапах, осуществлять своевременную дифференциацию технологического процесса и повысить эффективность переработки льняной тресты.

3. Проведено моделирование части системы управления при различных управляющих алгоритмах, получены оценки параметров, характеризующих качество регулирования, а также рассмотрен характер изменения скорости рабочих органов.

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. Вихарев С.М. Устройство контроля массы и линейной плотности волокнистых материалов / Вихарев С.М., Федосова Н.М., Иванюк Д.В. Патент на полезную модель № 78573 бюл. №33 от 27.11.2008

7. Марков В.В, Суслов Н.Н., Трифонов В.Г., Ипатов А.М. Первичная обработка лубяных волокон. – М., Легкая индустрия, 1974.

8. Автоматизация производства льняного волокна: учебное пособие / под общ. ред. Б.А. Старовойтова – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2008.

9. Вихарев С.М., Федосова Н.М. Построение замкнутых и разомкнутых систем управления процессом трепания на основе аппарата нечеткой логики // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти, 2008, №4-С.

10. Денисенко В. ПИД-регуляторы: основы реализации. Ч.1. / В. Денисенко // Современные технологии автоматизации (СТА). – 2007. – №4.

11. Денисенко В. ПИД-регуляторы: основы реализации. Ч.2. / В. Денисенко // Современные технологии автоматизации (СТА). – 2008. – №1.

12. Катков А. А. Исследование имитационной модели регулирования МТА: статья / А. А. Катков, В. Г. Дроздов, С. М. Вихарев // Сборник трудов молодых ученых КГТУ №9. – Кострома: КГТУ, 2008.