

увеличилось.

Дальнейшие попытки добавления в уравнение еще не включенных слагаемых незначимо улучшают модель; а попытки удаления уже включенных в модель слагаемых значимо ее ухудшают, поэтому процедура пошагового регрессионного анализа была прекращена.

#### **Анализ результатов для изменения напряжения и частоты с помощью синхронного генератора:**

– уменьшение напряжения практически линейно ( $R^2 > 0,85$ ) уменьшало частоту вращения ротора, снижение тока статорной обмотки лучше всего описывалось экспоненциальной зависимостью (например, для АД 1,1 кВт:  $I = 1,322e^{0,005U}$  с  $R^2 = 0,895$ );

– изменение частоты значимо влияло на ток статорной обмотки и потребляемую из сети мощность в сторону уменьшения при снижении частоты. Это можно связать с потерями в стали, которые не зависят от его нагрузки АД и пропорциональны частоте в степени, близкой к 1,5 и могут быть определены по формуле

$$\Delta P_m = k_{уд} \left( \frac{B_{m \text{ дейст}}}{B_{m \text{ табл}}} \right)^2 \left( \frac{f_{\text{дейст}}}{f_{\text{табл}}} \right)^{1,5} \quad (5)$$

где  $k_{уд}$  – удельные потери для данной марки стали при заданных табличных значениях индукции и частоты, величина  $k_{уд}$  указывается в справочниках;

$B_{m \text{ табл}}$  – действительное амплитудное значение индукции в трансформаторе;

$m$  – масса стали сердечника.

#### **Анализ результатов для изменения напряжения и частоты с помощью трехфазного инвертора:**

– выполненный множественный корреляционный и регрессионный анализ в программном продукте Statistica для зависимости тока холостого хода от линейного напряжения и частоты.

Информационная часть окна указывает на следующие параметры анализа:

– коэффициент множественной корреляции  $R = 0,99726$ ;

– коэффициент детерминации, показывающий долю общего разброса (относительно выборочного среднего зависимой переменной), которая объясняется построенной регрессией  $R^2 = 0,9945$ ;

Анализ полученных результатов позволяет выдвинуть следующие выводы:

– асинхронный электродвигатель, питаемый ШИМ напряжением, имеет более низкую эффективность, чем при питании синусоидальным напряжением, в связи с увеличением потерь, вызванных гармониками;

– при работе АД от частотных преобразователей должна оцениваться эффективность системы в целом, а не только электродвигателя;

– каждый случай должен быть должным образом проанализирован с учетом характеристик, как двигателя, так и преобразователя, учитывая следующие параметры: рабочая частота, частота переключения, диапазон скоростей, нагрузка и мощность двигателя, суммарный коэффициент гармонических искажений и т.д.;

– увеличение частоты коммутации увеличивает КПД двигателя и снижает КПД инвертора (из-за увеличения потерь на переключениях силовых ключей).

#### **Список использованных источников**

1. Дробов, А.В. Электрические машины : учеб. пособие / А. В. Дробов, В. Н. Галушко. – Минск: РИПО, 2015. – 292 с. : ил.
2. В. Н. Галушко, С. Г. Додолев; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 154 с.

УДК 004.94+658.512.6

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СКОРОПОРТЯЩЕГОСЯ ПЛОДООВОЩНОГО СЫРЬЯ**

**Савва Т.Ю., к.т.н., доц., Савва Ю.Б., к.т.н., доц.**

*Приокский государственный университет, г. Орёл, Российская Федерация*

Реферат. Рассмотрены состав автоматизированной информационной системы

планирования загрузки оборудования на предприятии по переработке скоропортящегося плодоовощного сырья и методика планирования, основанная на использовании математической модели технологических маршрутов в виде модифицированной сети Петри и дискретно-событийном подходе.

Ключевые слова: информационная система, сети Петри, планирование загрузки оборудования.

Применение информационных технологий для решения различного рода задач, существующих при организации производства, позволяет во многом повысить эффективность реализуемых производственных процессов. Одним из направлений повышения эффективности является внедрение программных средств автоматизации планирования производства.

Представленные на рынке информационные системы включают подсистему планирования загрузки мощностей предприятия, функционал которой позволяет детально распланировать технологические процессы производства продукции на протяжении всего жизненного цикла. Такие решения популярны, главным образом, среди предприятий в машиностроительной, металлургической и др. отраслях. Иными словами, в отраслях производства, где используемое сырье не имеет ограничений по сроку годности, и его качественные и количественные характеристики не изменяются во времени.

Для предприятий по переработке плодоовощного сырья процесс формирования производственных расписаний характеризуется следующими особенностями:

- качественное состояние используемого сырья и полуфабрикатов изменяется не только в результате технологической обработки, но и в процессе нетехнологического пролеживания, транспортировки, хранения, что обуславливает необходимость принятия решений о корректировке производственных расписаний в короткие сроки;

- реализуемые технологические маршруты переработки во многом пересекаются по видам используемых ингредиентов и оборудования. Следовательно, при формировании производственных расписаний существует необходимость учета множества факторов и альтернативных вариантов загрузки оборудования, что представляет собой сложную задачу, и, как правило, входит в обязанности лица, принимающего решения, а значит, зависит от его квалификации, опыта и прочих обстоятельств при принятии решений;

- потребность в корректировке производственных расписаний может возникнуть вследствие множества причин, в том числе, обусловленных сезонностью поступления плодоовощного сырья, влиянием агроэкологических факторов на его качественное состояние, возникновением различного рода форс-мажорных обстоятельств.

Для повышения эффективности принятия решений при планировании загрузки оборудования на плодоовощных предприятиях разработана автоматизированная информационная система, включающая:

- подсистему учета параметров моделирования, к которым относятся особенности используемого сырья и технологических процессов его обработки и хранения, сведения о персонале, финансовых ограничениях, значения рисков факторов и т.д.;

- подсистему построения модели системы технологических процессов по заданным параметрам;

- подсистему формирования опорного (базового) плана загрузки оборудования и его оптимизации по выбранным критериям;

- подсистему поддержки принятия управленческих решений;

- подсистему контроля исполнения текущего плана загрузки оборудования, в том числе, согласно финансовым ограничениям;

- справочную подсистему.

База данных системы включает:

- сведения об используемом сырье, полуфабрикатах;

- данные технологических карт и качественных удостоверениях продукции;

- сведения об ответственных исполнителях;

- значения исходных и результирующих параметров моделирования и т.д.

Формирование планов загрузки оборудования и производственных заданий осуществляется по разработанной математической модели технологических маршрутов (ТМ) на основе модифицированной сети Петри (МСП), позволяющей учесть специфику организации переработки плодоовощного сырья, а также методики формирования производственных расписаний, основанной на использовании указанной математической модели и дискретно-событийном подходе. Данная методика построения производственных

расписаний для плодоовощных предприятий представлена на рисунке 1. В качестве лица, принимающего решения, выбрана точка зрения плановика предприятия. Процесс формирования производственного расписания включает три этапа.

На первом этапе «Формализация описания реализуемых ТМ» осуществляется построение модели ТМ для множества видов выпускаемой продукции в виде МСП.

На втором этапе построения производственных расписаний «Формирование допустимых вариантов сценария производственного расписания» выполняется дискретно-событийное моделирование процесса производства указанных видов готовой продукции в заданном плановом периоде на основе построенной на предыдущем этапе модели ТМ. В дискретно-событийной модели формирования допустимых сценариев производственного расписания определено четыре типа событий: «Приход закупаемого сырья и полуфабрикатов», «Высвобождение оборудования», «Профилактика оборудования», «Окончание моделирования». В результате моделирования формируется множество допустимых сценариев производственного расписания. Число сценариев определяется, исходя из количества возникших в ходе моделирования ситуаций конкурентного доступа двух и более комплектов маркеров-ингредиентов к вершинам-переходам в моделируемом периоде.

В перечень показателей, используемых для сравнительной оценки допустимых вариантов сценария производственного расписания входят: процент отходов по видам сырья, объем незавершенного производства, коэффициент загрузки и пропускная способность оборудования, время нетехнологического пролеживания перед каждой технологической операцией и др. На основании полученных оценок плановик может принять решение о том, какой из конечного набора допустимых сценариев производственного расписания целесообразно принять к исполнению.

На третьем этапе «Формирование сменно-суточных заданий и расчет потребностей в материалах и мощностях» на основе выбранного плановиком варианта сценария производственного расписания составляются сменно-суточные задания, а также рассчитываются уточненные потребности в материалах и мощностях.

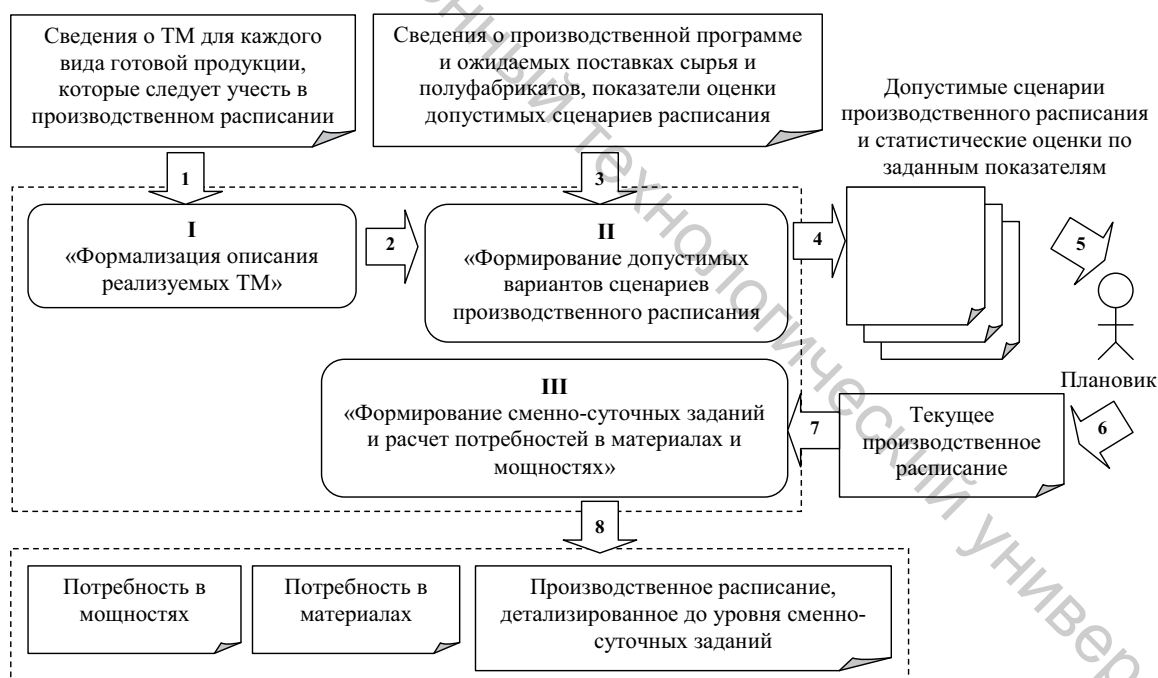


Рисунок 1 – Общая схема формирования производственных расписаний согласно предлагаемой методике

Так, в результате моделирования исполнения совокупности ТМ для трех видов готовой продукции: «Икра баклажанная», «Икра кабачковая», «Икра луковая», производство которых характеризуется наличием множества общих ингредиентов и используемого оборудования, были получены набор допустимых вариантов сценариев производственного расписания, отличающиеся по показателям выработки готовой продукции и порчи сырья (полуфабрикатов). Экранные формы программного средства в режиме отображения результатов моделирования представлены на рисунке 2.

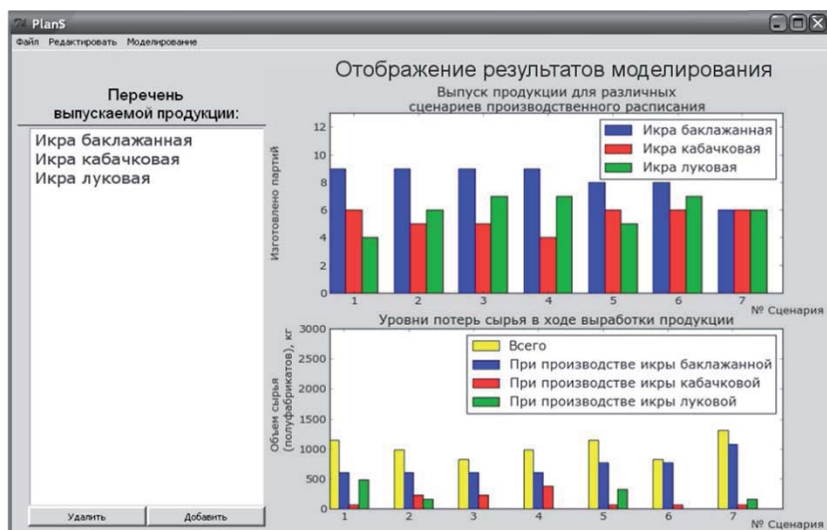


Рисунок 2 – Экранная форма интерфейса пользователя системы в режиме отображения результатов моделирования исполнения совокупности ТМ

Рассмотренная автоматизированная информационная система внедрена на предприятии ООО «Пищевик» (г. Болхов), осуществляющее переработку плодоовощного сырья, изготовление консервной продукции широкого ассортимента. Внедрение позволило увеличить пропускную способность производственного оборудования на 6-8% и сократить потери плодоовощного сырья и полуфабрикатов на 5-10% за счет повышения качества и оперативности планирования работ. На программное обеспечение автоматизированной системы получено Свидетельство о государственной регистрации Федеральной службы России по интеллектуальной собственности.

УДК 681.515

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ ПО ДВУМ КООРДИНАТАМ

*Захаркина С.В., доц., Румянцев Ю.Д., проф., Титов И.О., студ.*

*Московский государственный университет дизайна и технологии,  
г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. В статье рассмотрена система управления двухкоординатным объектом. В качестве такого объекта рассмотрен координатный стол для позиционирования заготовки в процессе вытяжки фторидных оптических волокон, для управления которым используется шаговый электропривод.

Ключевые слова: система управления, шаговый электропривод, управление по двум координатам, фторидные оптические волокна.

В большом числе технологических процессов требуется управление объектом по двум координатам. В качестве такого объекта можно рассмотреть координатный стол, для управления которым используется шаговый электропривод.

В процессе вытяжки фторидных волокон недостаточно только поддерживать температуру на заданном уровне, необходимо также одновременно центрировать заготовку [1-3]. С этой целью была разработана схема системы управления двухкоординатным объектом – координатным столом, жестко скрепленным с трубой, в которой находится заготовка.

Система управления (рис. 1) состоит из двух идентичных каналов, состоящих из релейного регулятора и схемы управления шаговым электродвигателем ШД-200-3. Информация о положении заготовки поступает от лазерного датчика диаметра волокна фирмы «BETA».

По каждому из двух каналов информация о положении заготовки поступает в виде аналогового сигнала, принимающего либо положительное, либо отрицательное значение в зависимости от направления рассогласования. Этот сигнал поступает на вход релейного