

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям

ФГБОУ ВО «Вятский
государственный университет»

Литвинец С.Г.

2018 г.



Отзыв ведущей организации ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» на диссертационную работу Аитова Василия Григорьевича на тему «Разработка интегрированной автоматизированной системы управления рыбоперерабатывающим предприятием с применением универсального программно-аппаратного комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая промышленность)

Общая характеристика работы. Диссертация на тему «Разработка интегрированной автоматизированной системы управления рыбоперерабатывающим предприятием с применением универсального программно-аппаратного комплекса» выполнена на кафедре «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами». Работа состоит из введения, 4 глав, списка сокращений, списка литературы из 129 источников, 4 приложений. Работа содержит 49 рисунков, 8 таблиц и по формальным признакам соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней кандидата технических наук.

Актуальность темы. В современных экономических условиях одна из наиболее динамично развивающихся отраслей промышленности России – пищевая – должна быть обеспечена доступными по стоимости современными высокотехнологичными средствами автоматизации и управления отечественной разработки. Стоимость аналогичных решений зарубежного производства является высокой для большинства предприятий, схема лицензирования функционала может не соответствовать потребностям предприятия. Программно-аппаратное обеспечение этих решений является

закрытым, приходится нести дополнительные затраты на персонал, обладающий специфическими компетенциями. Помимо этого, применение решений зарубежного производства противоречит решению задачи импортозамещения, поставленной в настоящее время на уровне национальных интересов России.

Отсутствие интеграции между разрозненными автономными системами управления производственно-технологическими и обеспечивающими процессами затрудняет принятие обоснованных управленческих решений и повышение энергоэффективности технологических линий и предприятия в целом. В этой связи является целесообразным применение на предприятии интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ), которая в режиме реального времени взаимодействует с экземплярами программно-аппаратного комплекса (ПАК) автоматизации производственно-технологических и обеспечивающих процессов.

Предложенный диссертантом подход позволяет реализовать на практике комплексную автоматизацию рыбоперерабатывающего предприятия с охватом всего жизненного цикла продукции – от инкубации икры и выращивания рыбы до ее переработки и реализации готовой продукции. Представленная диссертационная работа направлена на исследование и решение данных задач, что определяет важность и актуальность темы.

Структура и содержание диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, показаны научная новизна исследования и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе проведен анализ производства рыбоперерабатывающего предприятия как объекта автоматизации с разработкой соответствующих структурно-функциональных моделей. Классифицированы процессы предприятия пищевой промышленности, в качестве производственно-технологического процесса рассмотрена автоматизация процесса горячего копчения рыбы. В качестве обеспечивающего (административно-хозяйственного) процесса рассмотрена система контроля доступа применительно к рыбоперерабатывающему предприятию.

Проведен анализ существующих систем автоматизации процессов предприятий пищевой промышленности, выявлены их недостатки, в том числе связанные с взаимодействием экземпляров ПАК с вышестоящей ИАСУ в режиме реального времени. На основании выявленных недостатков и

предложенных подходов к их устранению дана постановка задачи разработки системы комплексной автоматизации предприятия на базе ИАСУ и экземпляров универсального ПАК

Во второй главе представлен алгоритм, решающий задачу создания ИАСУ по принципу постепенной формализации от абстрактных моделей к более структурированным. В соответствии с алгоритмом на основании структуры целей разработана когнитивная модель ИАСУ, включающая граф причинно-следственных связей и построенную на его основе теоретико-множественную модель системы, что позволило определить актуальные задачи управления. Дальнейшая реализация алгоритма представлена разработанными на основе графа причинно-следственных связей стратегическими картами, эшелонированными по компонентам ИАСУ.

На основании комплекса критериев управления, представленного в стратегических картах, разработаны бизнес-процессы в нотации BPMN: функции по исполнителям, информационные потоки с декомпозицией от общего к частному на всех уровнях детализации. На основании бизнес-процессов разработаны техническая и функциональная архитектуры ИАСУ.

В третьей главе на основе изучения современных патентов в области копчения рыбы разработана функциональная схема автоматизации процесса горячего копчения рыбы с применением разрабатываемого универсального ПАК, в котором управление осуществляется посредством программного пакета, исполняемого на единой ЭВМ, функционирующей под управлением операционной системы Linux с открытым исходным кодом.

Четыре последовательных стадии процесса горячего копчения рыбы (подсушка, проварка, копчение, охлаждение) рассмотрены в качестве управляемой системы непрерывного действия, в которой выделены 15 технологически важных параметров (температура, влажность, расход воздуха при подсушке рыбы; давление хладагента; температура, влажность, расход воздуха при охлаждении рыбы; температура, влажность, оптическая плотность, расход дыма при копчении; влажность рыбы после подсушки, проварки, копчения; температура в камере охлаждения) и 10 технологически значимых исполнительных приводов (вентилятора воздуха на подсушку, компрессора для охлаждения и подсушки, вентилятора системы охлаждения, ТЭНа дымогенератора, механизма подачи воды в дымогенератор, механизма подачи опилок, вентилятора подачи дыма в коптильную камеру, вентилятора

рециркуляции/удаления дыма, вентиля забора свежего воздуха, вентиля забора воздуха в дымогенератор).

По результатам анализа параметров в описаниях изученных патентов, изучения математических моделей компонент системы управления при их автономной работе, консультаций со специалистами рыбоперерабатывающего предприятия (ООО «РИФ») определены структуры матриц состояний и управлений и численные значения их компонент для конкретной технологической линии горячего копчения рыбы.

Для этой линии решена задача стабилизации до асимптотической устойчивости по первому приближению заданного технологического режима, что позволило исключить из рассмотрения нелинейные члены соответствующих уравнений.

Для однозначного определения замкнутой системы управления введен критерий качества, состоящий из двух матриц соответствующих размерностей. Эти определенно-положительные матрицы выбраны единичными и в дальнейшем позволяют задать весовые коэффициенты для параметров, определяющих поведение соответствующих переходных процессов.

Исходя из первого приближения и заданного критерия качества для матрицы коэффициентов функции Ляпунова получено матричное уравнение Ляпунова-Беллмана-Риккати. Для нахождения единственного решения этого алгебраического уравнения применена система Matlab (модуль *care*). В качестве результатов решения получена матрица коэффициентов усиления – коэффициентов линейного оптимального в смысле критерия качества стабилизирующего воздействия.

Получены элементы вектора собственных значений замкнутой управлением системы. Действительные части всех корней характеристического уравнения отрицательны, при этом комплексные корни попарно сопряжены, что подтверждает условие наличия асимптотической устойчивости системы.

Построены графики переходных процессов в замкнутой системе, которые показывают возвращение возмущенных значений всех 15 технологически значимых параметров к их заданным значениям. Также построены графики переходных процессов для технологических параметров при различных значениях коэффициентов критерия качества.

Результаты, полученные для построенной математической модели с применением метода функций Ляпунова и метода динамического программирования для непрерывных систем, позволят повысить энергоэффективность технологической линии горячего копчения рыбы и стабилизировать качество продукции.

Для их практического использования требуется ПАК с большими вычислительными ресурсами, его разработка является многоэтапной, и ввиду своей сложности требует применения подхода, позволяющего исключать из рассмотрения нерациональные с позиции выбранной стратегии варианты. Разработанная сетевая модель, реализованная в виде ориентированного графа, позволила перейти к созданию алгоритмов, оптимизирующих на основе рекуррентных соотношений метода динамического программирования для дискретных систем распределение общих ограниченных ресурсов между этапами: разработка «полевой» части (датчики, исполнительные устройства), разработка программно-аппаратного обеспечения микрокомпьютера, разработка двусторонней интеграции с ИАСУ. Для этих этапов (состояний) решена задача рационального распределения ограниченного инвестиционного ресурса с целью получения отдачи от разрабатываемого ПАК, с учетом допустимых вариантов.

В четвертой главе проанализирован опыт практической реализации ПАК автоматизации, обладающего значительными вычислительными ресурсами, что позволило запускать на его базе обученную нейросеть, разработанную в программном пакете TensorFlow. Однако выявленные в процессе опытной эксплуатации недостатки данного решения (зависимость от достоверности и размера обучающей выборки, склонность к переобучению, сложность программно-аппаратной реализации) показали его недостаточную эффективность для промышленного применения, что подтвердило целесообразность применения разработанных в третьей главе подходов.

На основе матричных методов теории графов разработана мнемосхема мониторинга и управления опорной сетью передачи данных, позволяющая контролировать основные параметры сети в режиме реального времени. Показано использование общности инфраструктуры обеспечения производственно-технологических и обеспечивающих процессов при реализации опорной сети передачи данных. Ресурс сети передачи данных используется реализованным на основании разработанных моделей и

алгоритмов универсальным ПАК, который в режиме реального времени взаимодействует с ИАСУ.

Внедрение разработанной ИАСУ в качестве системы комплексной автоматизации на ООО «РИФ» позволили этому рыбоперерабатывающему предприятию начать применение концепции «от фермы до прилавка» при управлении процессами полного цикла переработки продукции – от инкубации икры до продажи готовой продукции в собственных магазинах и крупных торговых сетях.

По результатам эксплуатации универсального ПАК получены выводы о его пригодности к промышленной эксплуатации (имеются соответствующие акты и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ). Себестоимость разработанного решения в среднем в два раза ниже аналогов, присутствующих на рынке, при этом оно не уступает им в универсальности, технологичности, надежности, производительности, функциональности. Отмечена целесообразность привлечения персонала предприятия к разработке и внедрению ПАК.

При разработке особое внимание было обращено на использование открытого программного и аппаратного обеспечения отечественной разработки. По результатам опытной эксплуатации руководством предприятия отмечено повышение эффективности работы в области интеграции бизнес-процессов, кадровой и производственной дисциплины, экономии времени за счет удобства использования. Разработанная ИАСУ имеет значительный потенциал в разработке новых подсистем и в базовом функционале может использоваться на любом отечественном предприятии пищевой промышленности, особо следует отметить, что при необходимости ИАСУ может быть адаптирована силами специалистов предприятия.

В приложении содержатся программы для ЭВМ, формы интерфейса управления ПАК, графики переходных процессов горячего копчения рыбы, документы, подтверждающие апробацию и внедрение результатов (акты о внедрении в производство и учебный процесс, а также свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2018618437).

По результатам диссертационного исследования опубликовано 13 работ, в том числе 5 статей в журналах, рецензируемых и рекомендованных ВАК, и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Новизна исследований и полученных результатов.

В диссертационном исследовании предложен ряд новых и оригинальных положений, имеющих существенное прикладное значение при комплексной автоматизации рыбоперерабатывающего предприятия с учетом его отличительных черт. Предложены и обоснованы оригинальные положения, имеющие весомое научное и прикладное значение для развития систем управления технологическими процессами рыбоперерабатывающего предприятия, в частности, процессом горячего копчения рыбы, обеспечивающие повышение энергоэффективности технологической линии и стабилизацию качества готовой продукции, а именно:

- разработаны функциональная схема и математическая модель системы автоматического управления технологической линией горячего копчения рыбы, которые позволили объединить ранее разрозненные автономные подсистемы в единую систему управления, для которой методами аналитического конструирования оптимальных регуляторов определены значения ее параметров, обеспечивающие экономию энергоресурсов и стабилизацию качества продукции;

- представлен алгоритм разработки универсального программно-аппаратного комплекса, взаимодействующего в режиме реального времени с интегрированной автоматизированной системой управления предприятием, позволивший решить задачу рационального конфигурирования компонентов с сохранением преемственности программно-аппаратного обеспечения при модернизации;

- разработана когнитивная модель информационной системы рыбоперерабатывающего предприятия, состоящая из графа причинно-следственных связей и построенной на его основе концептуальной теоретико-множественной модели системы, что позволило выявить актуальные задачи автоматизации и критерии управления предприятием;

- разработаны структура целей информационной системы рыбоперерабатывающего предприятия, ее стратегические карты, критерии автоматизированного управления, модели и алгоритмы автоматизированных процессов управления производством, являющиеся инструментами многоаспектного контроля эффективности и основой для создания информационной системы на всем жизненном цикле – от инкубации икры до реализации готовой продукции.

Практическая значимость результатов работы для науки и производства.

Представленные автором выводы, рекомендации и результаты исследования имеют прикладное значение и могут быть использованы для создания интегрированных автоматизированных систем управления, применяемых при комплексной автоматизации рыбоперерабатывающих предприятий, ориентированных на использование открытого программного и аппаратного обеспечения отечественной разработки.

Практическое применение результатов исследований реализовано в виде разработанной и внедренной на рыбоперерабатывающем предприятии интегрированной автоматизированной системы управления, с которой в режиме реального времени взаимодействуют экземпляры разработанного универсального программно-аппаратного комплекса автоматизации производственно-технологических и обеспечивающих процессов. Данный ПАК дает возможность стабилизировать заданный технологический режим линии горячего копчения рыбы. Разработанные решения позволяют повысить энергоэффективность технологической линии и получать на выходе продукцию с требуемыми характеристиками.

Рекомендации по применению результатов.

Полученные в диссертационном исследовании практические результаты рекомендуются к применению на рыбоперерабатывающих предприятиях при их комплексной автоматизации. Предложенный универсальный программно-аппаратный комплекс может служить основой для дальнейшего развития и модернизации существующих методов управления взаимосвязанными производственно-технологическими и обеспечивающими процессами, использующими общую инфраструктуру.

Замечания.

1. В работе не проведен анализ использования возможностей отечественных SCADA систем, так, например, Trace Mode и другие SCADA имеют возможности создавать не только АСУ ТП, но и MES – системы, а упомянутая в (п. 1.3) существующая платформа 1С:Предприятие имеет, в первую очередь, организационно-управленческую функциональность..

2. В работе не в полной мере отражено получение численных значений компонент матриц q и r коэффициентов критерия качества.

3. Не ясен принцип выбора импульсного управления электроприводом (абзац 3 страница 112 диссертации), поскольку современное состояние электропривода позволяет реализовать более эффективные способы управления.

4. Использование в реализации ПАК радиолюбительского оборудования (Orange pi, Arduino) вызывает сомнения в возможности его промышленного применения в исходном виде.

Заключение.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки основных результатов диссертации, связанных с разработкой и внедрением интегрированной автоматизированной системы управления с применением универсального программно-аппаратного комплекса, а также программно-техническими решениями по созданию системы управления, стабилизирующей заданный технологический режим работы линии горячего копчения рыбы. Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Аитов Василий Григорьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая промышленность).

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет». Протокол № 4 от «30» октября 2018 г.

Зав. кафедрой электропривода и автоматизации
промышленных установок ВятГУ

к.т.н., доцент
e-mail: kaf_eprapu@vyatsu.ru тел: 8(8332) 742-426

С.И. Ошапкин

Зав. кафедрой систем автоматизации управления ВятГУ

к.т.н., доцент

Ю.В. Ланских

Доцент кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок ВятГУ

к.т.н., доцент

В.С. Грудинин

Доцент кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок ВятГУ

к.т.н., доцент

Е.Н. Малышев

Оглавление с. 1
Грудинин В.С.
Мальшев Е.Н.

Собственноручную подпись
завещаю.

Ведущий специалист по кадрам
ИИПТУ
Верисова Е.С.