

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ,  
РОБОТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ,  
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
СИСТЕМАХ**

**Материалы Всероссийской научно-практической конференции  
студентов и молодых ученых  
и Всероссийской научно-практической конференции  
преподавателей и специалистов**

**Воронеж, 26 и 29 марта 2024 г.**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ,  
РОБОТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ,  
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов  
и молодых ученых и Всероссийской научно-практической конференции  
преподавателей и специалистов

Воронеж, 26 и 29 марта 2024 г.

Воронеж 2024

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION  
OF THE RUSSIAN FEDERATION  
FEDERAL STATE BUDGETARY EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER EDUCATION  
"VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES  
NAMED AFTER G.F. MOROZOV"

MODERN ISSUES OF AUTOMATION, ROBOTICS  
AND MANAGEMENT IN TECHNICAL, ORGANIZATIONAL,  
ECONOMIC SYSTEMS

Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Students  
and Young Scientists and the All-Russian Scientific and Practical Conference  
of Lecturers and Specialists

Voronezh, March 26 and 29, 2024

Voronezh 2024

УДК 681.5+001.895

C56

**Редакционная коллегия:**

Ответственный редактор А.А. Грибанов

Заместитель ответственного редактора С.И. Поляков

Члены редакционной коллегии: Д.Н. Афоничев, И.В. Щербакова, А.В. Стариков,

М.Л. Лапшина, С.В. Писарева, А.А. Мещерякова, С.А. Евдокимова

Ответственный секретарь И.В. Спицын

Компьютерная верстка А.А. Грибанов

**Все статьи рецензируются**

**C56** Современные проблемы автоматизации, роботизации и управления в технических, организационных, экономических системах : материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых и Всероссийской научно-практической конференции преподавателей и специалистов, Воронеж, 26 и 29 марта 2024 г. / отв. ред. А. А. Грибанов ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 234 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2024/vserossijskaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-studentov-i-molodyh-uchenyh-sovremennye-problemy-avtomatizacii-robotizacii-i/> ; <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2024/vserossijskaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-prepodavatelej-i-specialistov-sovremennye-problemy-avtomatizacii-robotizacii/>. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1108-4

Всероссийские научно-практические конференции студентов и молодых ученых, а также преподавателей и специалистов «Современные проблемы автоматизации, роботизации и управления в технических, организационных, экономических системах», проведенные на базе ФГБОУ ВО «ВГЛТУ» 26 и 29 марта 2024 года в г. Воронеж, затронули широкий спектр научно-практических проблем и вызвали живой интерес у преподавателей, студентов, молодых ученых, а также специалистов в области автоматизации производственных процессов. Более 50 студентов, молодых ученых, преподавателей и специалистов России принимали участие в решении важнейших проблем современных технологий, автоматизации и управления технологическими, производственными и экономическими процессами в различных областях человеческой деятельности: в промышленности, на транспорте, в экономике, экологии, в сферах информационной безопасности и услуг.

Материалы конференций предназначены для специалистов в области автоматизации производственных процессов, научных сотрудников, аспирантов и студентов вузов.

УДК 681.5+001.895

ISBN 978-5-7994-1108-4

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ**

<i>Герман Ю.А., Лапина М.Л.</i> Обоснование использования средств моделирования при управлении манипуляционными роботами	6
<i>Гетманская О.С., Грибанов А.А., Мещерякова А.А.</i> Автоматизация процесса браширования древесины	13
<i>Гетманская О.С., Грибанов А.А., Мещерякова А.А.</i> Управление процессом браширования древесины	21
<i>Грибанов А.А.</i> Исследование автоматизированной системы полива в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды	30
<i>Грибанов А.А.</i> Технические средства полива в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды	36
<i>Гусев В.М., Мещерякова А.А., Грибанов А.А.</i> Совершенствование систем автоматики технологического процесса производства пива	42
<i>Евдокимова С.А.</i> Особенности интеллектуальной поддержки автоматизации производства	47
<i>Ковун Д.А., Лапина М.Л.</i> Автоматизация процесса производства железобетонных изделий с использованием датчиков лидар	54
<i>Лаврик А.А., Грибанов А.А.</i> Исследование и разработка системы комплексной автоматизации котельной установки промышленного предприятия	61
<i>Лазарев А.С., Лапина М.Л.</i> Математическое описание процесса управления насосной станции	66
<i>Мустафаев Э.Н., Щербакова И.В.</i> Автоматизация транспортировки сыпучих грузов с помощью маятниковых транспортеров	72
<i>Плотников А.О., Стариков А.В.</i> Система контроля и управления доступом с использованием биометрических характеристик личности	77

<i>Поляков С.И.</i> Автоматизация непрерывного весового дозирования компонентов строительных смесей	87
<i>Поляков С.И.</i> Автоматизированное управление непрерывным весовым дозированием в производстве бетонных смесей	100
<i>Поляков С.И.</i> Управление дискретным весовым дозированием компонентов строительных смесей	113
<i>Поляков С.И.</i> Автоматизация управления дискретным весовым дозированием сыпучих материалов бетонных смесей	126
<i>Поляков С.И., Брызгалин В.В.</i> Автоматизированная система управления загрузкой токарно-фрезерных станков механического участка	140
<i>Поляков С.И., Мишанин А.С.</i> Автоматизация раскряжевки и сортировки лесоматериалов	147
<i>Поляков С.И., Шевцов Д.А.</i> Компьютерное управление сушкой стружки в производстве древесностружечных плит на ПДК «АПШЕРОНСК»	154
<i>Пустовая Н.М., Мещерякова А.А., Грибанов А.А.</i> Совершенствование систем автоматики сверлильно-присадочного участка мебельного производства	161
<i>Стариков А.В.</i> Биометрические карты: основные понятия, возможности и особенности использования	166
<i>Фокин Д.А., Лапина М.Л.</i> Автоматизация системы контроля и управления насосной станцией удаления дренажных вод	171
<i>Черных А.Е., Лапина М.Л.</i> Объективные предпосылки формирования автоматизированного подхода к вопросу модернизации системы управления приточно-вытяжной вентиляционной установкой	176
<i>Шестаков Д.В., Михайлов А.М., Щербакова И.В.</i> Основы построения нейронных сетей в системах автоматизации	182

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

<i>Богданов И.В., Евдокимова С.А.</i> Современные средства автоматизации контроля в машиностроении	192
<i>Богданов И.В., Карелин А.Н.</i> Мехатронный модуль для поиска дефектов методом инфракрасного излучения	200

<i>Гончаров А.В., Евдокимова С.А.</i> К вопросу использования САМ-систем при разработке программ для станков с ЧПУ	205
<i>Локтионов А.С., Евдокимова С.А.</i> Выбор программы-симулятора для проектирования робототехнических систем	212
<i>Локтионов А.С., Карелин А.Н.</i> Сканирующий мехатронный модуль на внешние дефекты на конвейере	220
<i>Болгов А.В., Малюков С.В., Шавков М.В., Малюкова М.А., Аксенов А.А., Черенков Д.С.</i> Вопросы совершенствования почвообрабатывающих машин	226

**СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ**

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_6-12

УДК 681.5

**ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ УПРАВЛЕНИИ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ РОБОТАМИ  
RATIONALE FOR THE USE OF SIMULATION TOOLS IN CONTROL  
OF MANIPULATION ROBOTICS**

**Герман Ю.А., магистрант**

**Лапшина М.Л., д.т.н., профессор**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina\_lapshina@mail.ru

**Herman Yu.A., undergraduate student**

**Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматриваются возможности использования средств математического и имитационного моделирования для формирования автоматизированного управления процессом перемещения гидравлического ковшового экскаватора, где в качестве рабочей модели сложной технической системы рассматривается гидросистема экскаваторных машин.

**Abstract:** The article discusses the possibilities of using mathematical and simulation modeling tools to form automated control of the process of moving a hydraulic bucket excavator, where the hydraulic system of excavator machines is considered as a working model of a complex technical system.

**Ключевые слова:** модель, манипулятор, механизм, уравнение, система координат

**Keywords:** model, manipulator, mechanism, equation, coordinate system



Определяющей проблемой робототехники является составление динамических уравнений, которым присуща возможность адаптировать средства компьютерного исчисления. Решение этого вопроса может быть найдено с использованием средств имитационного моделирования на базе оптимальной алгоритмизации динамических характеристик, с учетом дальнейшей эффективности функционирования [1]. Пионерами в этой области были Кейн [2] и Виттенбург [3]. Сформулированные и обоснованные теоретические выкладки этих авторов хорошо адаптируются не только к роботам, но они могут быть использованы и для других технических систем, построенных на основе шарнирно-связанной конфигурации. Позднее, были сформулированы и апробированы алгоритмические подходы к решению динамических уравнений манипуляторов, основой которых являются различные подходы отыскания кинематических и динамических величин, с привлечением разных видов динамических уравнений системы тел. Рукоять ковша экскаватора схожа с человеческой рукой и выполняет схожую функцию (рис. 1). Можно резюмировать, что рука гидравлического ковшевого экскаватора и манипулятор промышленного робота PM-01 (PUMA) аналогичны и математические модели динамики могут быть реализованы посредством одних и тех же уравнений.

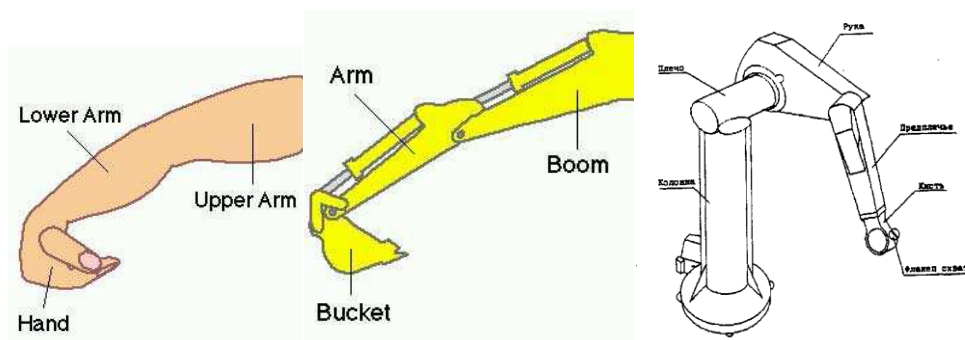


Рисунок 1 – Аналогии промышленного манипулятора и человеческой руки

Рукоять ковша является элементом конструкции одноковшового экскаватора, соединяющим ковш и стрелу, а также обеспечивающий соединение с напорным или подъёмным механизмом, служащим для направленного движения ковша. Различают рукояти однобалочные и двухбалочные, определяющиеся по виду конструкции, они также подразделяются на рукояти изменяемой и неизменяемой длины. Телескопический тип рукоятей может быть применен в конструкциях экскаваторов-погрузчиков. Он что

способствует повышению эффективности технологического процесса таких экскаваторов. Поворотом рукояти позволяет произвести копание. Ось, вокруг которой вращается рукоять, называют осью напорного вала. Длина рукояти определяется массой экскаватора и может быть вычислена эмпирическим путем. Замена ковша на другое оборудование позволяет выполнять другой вид работ, например, захват грейфером или долбление. Движение стрелы в различных направлениях производится 4-звенным механизмом с приводом от 2-х гидроцилиндров. Все действия по подъему и опусканию рукояти тоже происходят с привлечением 4-звенного механизма и единственного гидроцилиндра.

Процедура открывания и закрывания емкостей грейфера происходит с использованием гидроцилиндра посредством двух шатунных механизмов. Построение модели механической подсистемы манипулятора происходит с использованием алгоритмического подхода Денавита-Хартенберга, используемого в кинематике.

Динамические модели динамики были построены на основе методов Ньютона-Эйлера, Эйлера-Лагранжа и Кейна или с использованием программного обеспечения, предназначенного для моделирования многотельных систем.

Вяхя и Скибневским была построена кинематическая модель манипулятора с тремя степенями свободы, сопоставив систему координат с каждым активным сочленением механизма. Койво сформировал кинематическую модель робота, учитывая в ней три степени свободы механизма в вертикальной плоскости. Тут также была рассмотрена модель обратной кинематики шарниров и цилиндров манипулятора. В работах Франкеля, Пателя и Праджапати были представлены модели кинематики экскаватора с обратной лопатой с использованием четырех степеней свободы механизма, а также Франкелем была разработана обратная кинематическая модель гидроцилиндров. Надо отметить, что алгоритм Денавита-Хартенберга хорошо адаптируется для построения кинематических моделей. А это может быть использовано для построения однородных матриц преобразования, посредством которых производятся выполнения преобразования между назначенными системами координат.

Шалиничем, Бошковичем и Николичем была разработана имитационная модель манипулятора гидравлического манипулятора с тремя степенями свободы, применяемый при выемке земли. Авторы воспользовались матрицами

вращения, полученными по формуле Родригеса, для проведения преобразований между системами координат суставов манипулятора. Таким образом, для получения матриц вращения требовалось только направление и направление вращения каждого активного сустава. В работе также была представлена модель обратной кинематики гидроцилиндров манипулятора. Анализ работ, в которых были использованы алгоритм Денавита-Хартенберга, алгоритм Шалинича, Бошковича и Николича, показал, что в последнем можно было получить рекурсию к модели, так как матрицы вращения строятся сразу, что и обуславливает рекурсивность характера построенной модели.

Вяхя и Скибневски также представили модель манипулятора для работ по выемке грунта с тремя степенями свободы, но при формализации и обоснования используемых уравнений движения они воспользовались методом Ньютона-Эйлера. Надо заметить, что некоторые упрощающие гипотезы относительно центров масс звеньев носят нереалистичный характер.

Койвос группой соавторов представили модель манипулятора с тремя степенями свободы, но с учетом всех недостатков, представленные в модели Вяхя и Скибневски. В данной модели были включены усилия, направленные на выемку грунта, а также конвертация крутящего момента двигателя в гидравлические силы. А также, был приведен пример использования модели для синтеза нелинейного регулятора с пропорционально-производным действием (PD). Отметим, что модель, представленная разработанная Койво считается одной из наиболее теоретически описанных, и может быть использована при разработке контроллера манипулятора для автоматической выемки грунта [4].

Франкелем были предложены уравнения динамики манипулятора обратной лопаты с учетом четырех степеней свободы механизма. В основе их был положен метод Эйлера-Лагранжа, здесь, также было реализовано преобразование крутящих моментов двигателя в гидравлические силы. Но эксплуатационные усилия данная модель не учитывает.

Сулейман, Мелини, Видолов представили модель манипулятора экскаватора MECALAC12MXT на основе SimMechanics TM, особенностью данной модели является использование гидроцилиндров в движении как отдельных тел, скрепленных призматическими шарнирами.

В полной аналогии с данной моделью, Янссен и Нивельштейн представили модель 500-тонного гидравлического экскаватора-манипулятора Terex O&K RH 200, разработанной на основе SimMechanics TM (рис. 2).

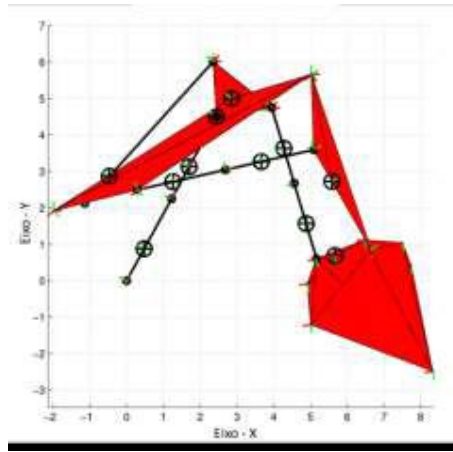


Рисунок 2 – Модель гидравлического экскаватора-манипулятора Terex

Проведем анализ многозвенного робота с шарнирами вращения. Имитационная модель подразумевает привязку звеньев к системе координат, участвующей в вычислении параметров для каждого звена. Дополнительно вводим координаты, устанавливающие направления углов поворота звеньев. Основание манипулятора  $T_0$  свяжем с постоянной системой координат (СК)  $S_0$  и потребуем совпадения хотя бы одной из осей с осью первого поворота  $e_{rot1}$ , а точку координатного начала совместим с центром первого шарнира, т.е. с точкой  $O_1$  (рис. 3).

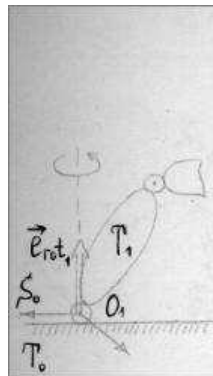


Рисунок 3 – Схематическое представление манипулятора

Затем сформируем координатную систему  $S_1$ , связанную с первым звеном  $T_1$ , начало которой поместим в центр первого шарнира. Одну из координатных осей  $S_1$  расположим параллельно оси первого поворота. Если ось второго поворота  $e_{rot2} \parallel e_{rot1}$ , то направления 2-х остальных координатных осей возьмем с учетом расположения звена [5]. Если,  $e_{rot2} \perp e_{rot1}$ , то одну из осей в плоскости, перпендикулярной  $e_{rot1}$ , расположим параллельно  $e_{rot2}$ , а третья

координатная ось дополнит выбранные две до правой ортогональной тройки. То есть, как СК  $S_0$  и  $S_1$ , так и СК  $S_1$  и  $S_2$  имеют одну координатную ось с общим направлением, определяемым для  $S_0$  и  $S_1$  вектором  $e_{rot1}$ , а для  $S_1$  и  $S_2$  - вектором  $e_{rot2}$ . Поэтому, матрицы перехода от  $S_0$  к  $S_1$  и от  $S_1$  к  $S_2$ , служат матрицами поворотов относительно соответствующих координатных осей:  $C_i = \{C_x, C_y, C_z\}$ , где  $C_x, C_y, C_z$  являются матрицами поворотов относительно соответствующих осей  $x, y$  и  $z$ . Аналогично опишем системы координат  $S_2, S_3, \dots, S_n$  остальных звеньев робота. Для чего зададим направления отсчета координат  $q_1, \dots, q_n$ , введем вектора  $e_0, q_i, T_{i-1}$  и  $e_{rot1}q_iT_i$ . Матрица  $G = 1 \times n$  соответствует ориентации СК схвата относительно основной СК  $S_0$ . Шалиничем, Бошковичем и Николичем была разработана имитационная модель манипулятора гидравлического манипулятора с тремя степенями свободы, применяемый при выемке земли.

Авторы воспользовались матрицами вращения, полученными по формуле Родригеса, для проведения преобразований между системами координат суставов манипулятора. Таким образом, для получения матриц вращения требовалось только направление и направление вращения каждого активного сустава. В работе также была представлена модель обратной кинематики гидроцилиндров манипулятора. Анализ работ, в которых были использованы алгоритм Денавита-Хартенберга, алгоритм Шалинича, Бошковича и Николича, показал, что в последнем можно было получить рекурсию к модели, так как матрицы вращения строятся сразу, что и обуславливает рекурсивность характера построенной модели.

Вяхя и Скибневски также представили модель манипулятора для работ по выемке грунта с тремя степенями свободы, но при формализации и обоснования используемых уравнений движения они воспользовались методом Ньютона-Эйлера. Надо заметить, что некоторые упрощающие гипотезы относительно центров масс звеньев носят нереалистичный характер.

Койвос группой соавторов представили модель манипулятора с тремя степенями свободы, но с учетом всех недостатков, представленные в модели Вяхя и Скибневски. В данной модели были включены усилия, направленные на выемку грунта, а также конвертация крутящего момента двигателя в гидравлические силы. А также, был приведен пример использования модели для синтеза нелинейного регулятора с пропорционально-производным действием (PD). Отметим, что модель, представленная разработанная Койво

считается одной из наиболее теоретически описанных, и может быть использована при разработке контроллера манипулятора для автоматической выемки грунта. Вычислительное быстродействие алгоритма достигается благодаря программной реализации геометрических нюансов и учета масс конкретных роботов.

### Список литературы

1. Фу К. Робототехника / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли - М.: Мир, 2019. - 332 с. – ISBN 5-03-000805-5.
2. Kane T. Dynamics / T. Kane –New York, Holt, Rinehart and Wiston, 2018.- 335 p. – ISBN 10. 0030711606.
3. Виттенбург Й. Динамика систем твердых тел / Й. Виттенбург. - М.: Мир, 2020. – 289 с.
4. Denavit J. A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices / J. Denavit, R.S. Hartenberg // J. Appl. Mech., 95. - 1995, - P.P. 215-221.
5. Вукобратович М. Неадаптивное и адаптивное управление манипуляционными роботами /М. Вукобратович, Д. Стокич, Н. Кирчански. - М.: Мир, 1989. – 372 с.
6. Накано Э. Введение в робототехнику /Э. Накано - М.: Мир, 2018. - 275 с. – ISBN 5-03-000396-7.

### References

1. Fu K. Robotics / K. Fu, R. Gonzalez, K. Li - M.: Mir, 2019. - 332 p. – ISBN 5-03-000805-5.
2. Kane T. Dynamics / T. Kane –New York, Holt, Rinehart and Wiston, 2018.- 335 p. – ISBN 10. 0030711606.
3. Wittenburg J. Dynamics of systems of solid bodies / J. Wittenburg. - M.: Mir, 2020. – 289 p.
4. Denavit J. A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices / J. Denavit, R.S. Hartenberg // J. Appl. Mech., 95. - 1995, - P.P. 215-221.
5. Vukobratovich M. Non-adaptive and adaptive control of manipulation robots /M. Vukobratovic, D. Stokic, N. Kirchanski. - M.: Mir, 1989. – 372 p.
6. Nakano E. Introduction to robotics /E. Nakano - M.: Mir, 2018. - 275 p. – ISBN 5-03-000396-7.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА БРАШИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ  
AUTOMATION OF WOOD BRUSHING PROCESS**

**Гетманская О.С., студентка  
Грибанов А.А., к.т.н., доцент  
Мещерякова А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Getmanskaya O.S., Student**

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

**Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье представлен обзор технологии браширования древесины, метода искусственного старения, который используется для создания уникальных текстур и отделочных решений. Описаны преимущества браширования, включая эстетический эффект, подчеркивание индивидуальных особенностей древесины, а также возможность компенсировать неравномерный износ. Детально рассмотрены этапы технологического процесса браширования, включая подготовку материала, выбор брашин, задание технологических параметров, браширование, контроль качества и финишную обработку. Особое внимание уделено методам автоматизации браширования, включая автоматические брашировальные станки и роботизированные системы. Представлена схема автоматизированной системы для обработки древесины, разработанной авторами. Система включает модули загрузки и выгрузки заготовок, браширования, пылеудаления и финишной обработки.

**Abstract:** This article provides an overview of wood brushing, an artificial aging technique used to create unique textures and finishes. The advantages of

brushing are described, including the aesthetic effect, emphasizing the individual characteristics of wood, as well as the ability to compensate for uneven wear. The stages of the brushing process, including material preparation, selection of brushes, setting of process parameters, brushing, quality control and finishing are discussed in detail. Special attention is paid to methods of automation of brushing, including automatic brushing machines and robotic systems. A schematic diagram of an automated system for wood processing developed by the authors is presented. The system includes modules for loading and unloading of workpieces, brushing, dust removal and finishing.

**Ключевые слова:** браширование, искусственное старение, древесина, автоматизация, технология, обработка, финишная обработка, модуль, система.

**Keywords:** brushing, artificial aging, wood, automation, technology, processing, finishing, module, system

Браширование – это процесс обработки поверхности древесины щетками, в результате которого удаляются мягкие волокна, а твердые волокна остаются, создавая рельефную поверхность. Браширование может применяться для обработки различных пород древесины, но наиболее эффективно оно смотрится на дубе, сосне, лиственнице и ясене.

Браширование древесины представляет собой одну из наиболее часто используемых технологий для создания эффекта искусственного состаривания материалов и мебели. В условиях естественной эксплуатации, поверхности из древесины подвергаются неравномерному износу. Мягкие волокна, обычно расположенные на поверхности материала, подвержены более быстрому износу, что придает уникальную текстуру и характер поверхностям из древесины.

Браширование, как технологический процесс, направлено на усиление эффекта старения древесины, делая ее внешний вид более выразительным и атмосферным. Этот метод позволяет добиться равномерного стирания верхнего слоя мягких волокон, выделение твердых слоев, и в результате, создание уникального рисунка.

Браширование призвано компенсировать неравномерный износ, который происходит в природных условиях. За счет механического воздействия щеток, волокна древесины стираются более равномерно, что придает поверхности единый, гармоничный оттенок (рис. 1, 2).





Рисунок 1 – Естественно состаренная древесина

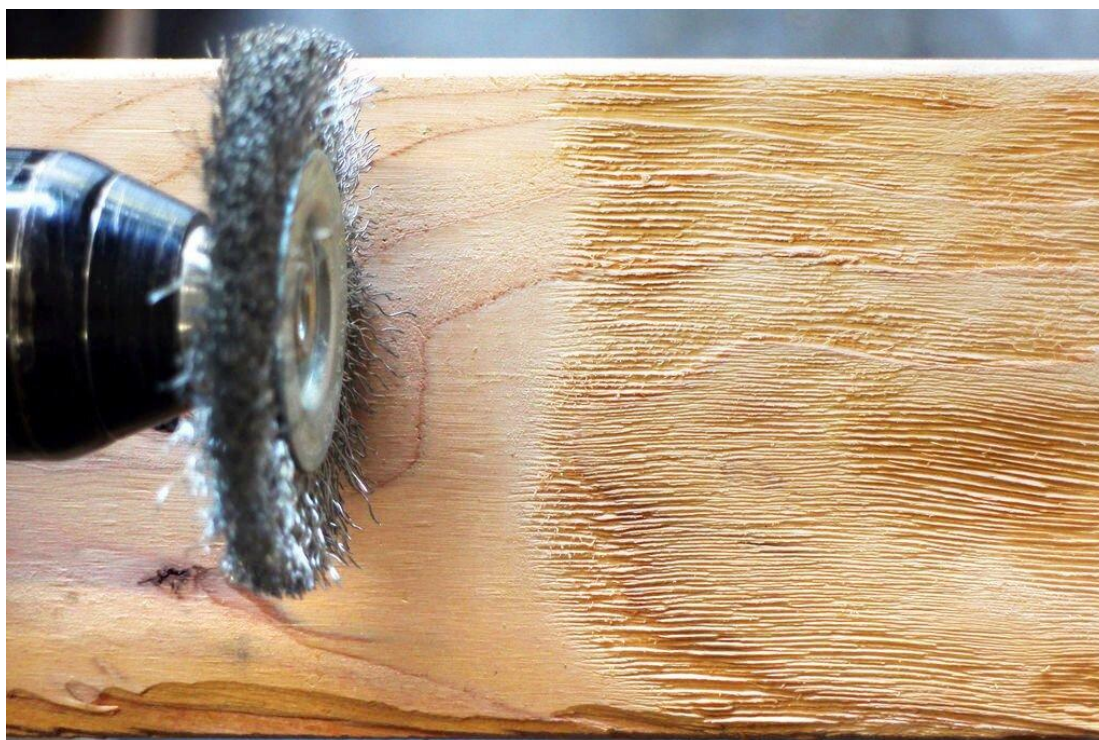


Рисунок 2 – Искусственно состаренная древесина

Процесс браширования подчеркивает индивидуальные особенности древесины. Мягкие волокна, стираясь, создают более плавные углы, тогда как твердые слои остаются более устойчивыми, выделяясь и придавая поверхности более выразительный рисунок.

Эстетика, достигаемая брашированием, выходит далеко за пределы естественного процесса старения. Этот метод позволяет дизайнерам и производителям создавать уникальные текстуры и отделочные решения, подчеркивая красоту древесины и придавая изделиям уникальный характер.

Современные технологии в области браширования включают инновационные подходы, такие как использование специализированных щеток, регулируемых параметров искусственного старения, а также разнообразных техник обработки, что дополняет и расширяет возможности этого процесса.

Технологический процесс браширования древесины включает в себя следующие этапы и особенности:

Подготовка материала является первым этапом технологического процесса браширования, которая включает в себя подготовку древесины. Для достижения оптимальных результатов браширования необходимо провести сортировку материала по типам и качеству. Поверхность древесины должна быть чистой от загрязнений и покрытий.

Второй этап включает в себя выбор подходящих брашин – инструментов с различной жесткостью и формой. Важно учесть характеристики древесины, такие как ее твердость и текстура, для оптимального подбора инструментов.

На третьем этапе производится задание технологических параметров. Перед началом процесса браширования производится настройка параметров брашировальной машины, что включает в себя задание параметров скорости вращения брашин, давления на поверхность древесины и других, зависящих от конкретных характеристик материала.

Четвертый и основной этап – браширование древесины. Брашины, вращаясь, проходят по поверхности материала, удаляя неровности, отшлифовывая поверхность и придавая ей желаемый внешний вид. Процесс контролируется оператором, который может регулировать параметры в реальном времени.

На шестом этапе после завершения браширования проводится контроль качества обработки. Оценивается равномерность обработки, отсутствие дефектов, а также соответствие финального вида древесины заранее установленным требованиям.

В зависимости от требований к конечному продукту, древесина может подвергаться дополнительной обработке, что может включать в себя дополнительные этапы шлифовки, нанесение защитных покрытий или окраску.

Традиционно браширование выполняется вручную с помощью металлических щеток. Этот процесс требует значительных физических усилий и времени. Кроме того, ручное браширование не обеспечивает точной повторяемости результатов.

В последние годы появились различные методы автоматизации браширования. Наиболее распространены следующие методы:

- Автоматические брашировальные станки. Они оснащены щетками, которые приводятся в движение электродвигателем. Деталь, подлежащая обработке, помещается на стол станка и фиксируется. Щетки перемещаются по поверхности детали, выполняя браширование;
- Роботизированные системы браширования. Такие системы используют роботов-манипуляторов, которые оснащены щетками. Робот может перемещать щетки по любой траектории, что позволяет обрабатывать сложные по форме детали.

Автоматизация браширования имеет ряд преимуществ по сравнению с ручным брашированием:

- Повышение производительности: автоматические станки и роботы могут обрабатывать детали значительно быстрее, чем человек.
- Повышение качества обработки: автоматические системы обеспечивают более точное и равномерное браширование.
- Снижение трудоемкости: автоматизация браширования позволяет освободить рабочих от тяжелого и монотонного труда.

Разрабатываемая нами автоматизированная система для обработки древесины включает в себя несколько ключевых модулей, предназначенных для оптимизации процесса браширования (рис. 3).

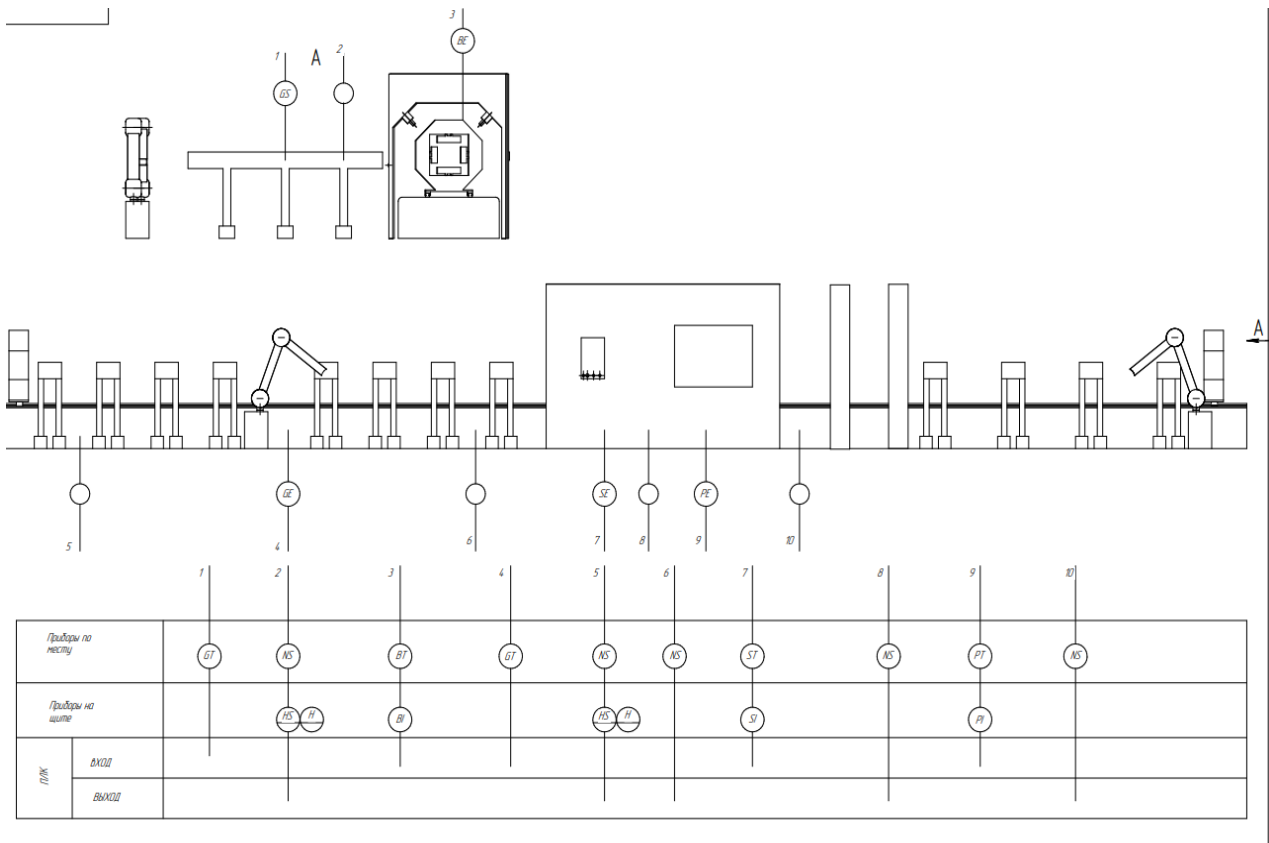


Рисунок 3 – Схема автоматизации линии браширования древесины

Первым модулем является участок загрузки и выгрузки заготовок, который позволяет подавать заготовки на конвейерную ленту, вручную или автоматически с помощью манипулятора. Этот модуль также оснащен системой датчиков для определения размера и формы заготовок, а также пневматическими зажимами для их фиксации на конвейере [1]. После очистки заготовки из древесины подаются на участок второго модуля.

Второй модуль непосредственно предназначен для браширования древесины с использованием вращающихся щеток. Параметры работы щетки, такие как сила прижима и скорость вращения, автоматически регулируются в зависимости от характеристик заготовки [2, 3].

Третий модуль, модуль пылеудаления, включает в себя систему с вакуумным насосом для эффективного удаления пыли и опилок, образующихся в процессе браширования. Для дополнительной очистки воздуха система пылеудаления оснащается специальными фильтрами.

Четвертый модуль, модуль финишной обработки, предназначен для нанесения финишного покрытия на обработанные заготовки. Это может быть лак, краска, масло или обжиг. Система распыления обеспечивает равномерное

покрытие на поверхности заготовок, а система сушки гарантирует равномерное высыхание покрытия.

Современные технологии браширования, включая автоматизированные системы, значительно повышают производительность, качество и повторяемость результатов обработки.

Разработанная автоматизированная система для обработки древесины позволяет оптимизировать процесс браширования, обеспечивая:

1. Эффективную очистку заготовок перед брашированием.
2. Точное и равномерное браширование с регулируемыми параметрами.
3. Удаление пыли и опилок с помощью системы пылеудаления.
4. Нанесение финишного покрытия (лака, краски, масла, обжига).

Разработка и внедрение автоматизированных систем браширования древесины позволит повысить конкурентоспособность предприятий и улучшить качество продукции.

### Список литературы

1. Грибанов, А. А. Использование технологии цифрового двойника технологического объекта управления в образовании / А. А. Грибанов // Автоматизация. Современные технологии. – 2022. – Т. 76. – № 2. – С. 89-93. – DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-2-89-93.

2. Грибанов, А. А. Настройка автоматических регуляторов методом идентификации технологических объектов управления / А. А. Грибанов, Ю. А. Пяткова // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве : материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 25 сентября 2020 года / Редакционная коллегия: В.И. Орбинский, В.Г. Козлов. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 155-160.

3. Грибанов, А. А. Идентификация параметров промышленных объектов управления / А. А. Грибанов, А. С. Василенко // Интеграция и развитие научно-технического и образовательного сотрудничества - взгляд в будущее : Сборник статей II Международной научно-технической конференции. В 3-х томах, Минск, 11–12 декабря 2019 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2020. – С. 45-48.

## References

1. Griбанov, A. A. Using the technology of digital twin of technological control object in education / A. A. Griбанov // Automation. Modern technologies. - 2022. - T. 76. - № 2. - C. 89-93. - DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-2-89-93.
2. Griбанov, A. A. Adjustment of automatic regulators by method of identification of technological control objects / A. A. Griбанov, Yu. A. Pyatkova // Mechanization and automation of technological processes in agricultural production : proceedings of the national scientific-practical conference, Voronezh, September 25, 2020 / Editorial board: V. I. Orobinsky, V. G. Kozlov. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Peter the Great. Emperor Peter the Great, 2020. - C. 155-160.
3. Griбанov, A. A. Identification of parameters of industrial control objects / A. A. Griбанov, A. S. Vasilenko // Integration and development of scientific, technical and educational cooperation - a look into the future : Collection of articles of the II International Scientific and Technical Conference. In 3 volumes, Minsk, December 11-12, 2019. - Minsk: Belarusian State Technological University, 2020. - C. 45-48.



**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ БРАШИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ  
CONTROL OF WOOD BRUSHING PROCESS**

**Гетманская О.С., студентка  
Грибанов А.А., к.т.н., доцент  
Мещерякова А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Getmanskaya O.S., Student**

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

**Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor  
FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies**

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В данной статье рассматривается программа для автоматизации браширования древесины с использованием ПИД-регулятора для управления скоростью вращения щеток и силой их нажима. ПИД-регулятор, основанный на трех параметрах: коэффициенте пропорциональной составляющей ( $K_p$ ), коэффициенте интегральной составляющей ( $K_i$ ) и коэффициенте дифференциальной составляющей ( $K_d$ ), используется для реакции на ошибку между заданным и текущим значением параметров.

**Abstract:** This paper discusses a program for automating wood brushing using a PID controller to control brush speed and brush pressure force. The PID controller, based on three parameters: proportional component coefficient ( $K_p$ ), integral component coefficient ( $K_i$ ) and differential component coefficient ( $K_d$ ), is used to react to the error between the set and current values of the parameters.

**Ключевые слова:** автоматизация браширования, ПИД-регулятор, программная реализация, математические модели, управление процессом браширования, моделирование и анализ системы.

**Keywords:** brushing automation, PID controller, software implementation, mathematical models, brushing process control, system modeling and analysis.

В современной промышленности автоматизация производственных процессов играет ключевую роль в повышении эффективности и качества производства. Одним из важных этапов производственного цикла является браширование древесины, которое не только придает ей эстетический вид, но и улучшает её визуальные характеристики. В данной статье рассматривается разработка и реализация программного обеспечения для автоматизации процесса браширования древесины с использованием ПИД-регулятора. Анализируются принципы работы и ключевые параметры данного регулятора, а также представляются математические модели, описывающие динамику процесса браширования. Дополнительно рассматривается настройка контроллера для управления скоростью вращения щеток и силой их нажима, а также представлены результаты моделирования и анализа системы управления. Полученные результаты могут быть полезны для промышленных предприятий, занимающихся производством мебели и других изделий из древесины, а также для специалистов в области автоматизации производственных процессов.

Программа на C++ для автоматизации браширования с ПИД-регулированием:

```
C++
```

```
#include <iostream>
```

```
#include <wiringPi.h>
```

```
using namespace std;
```

```
// Параметры ПИД-регулятора
```

```
const float Kp = 1.0;
```

```
const float Ki = 0.01;
```

```
const float Kd = 0.05;
```

```
// Настройка GPIO
```

```
const int speedPin = 23; // PWM (ШИМ) для скорости вращения щеток
```

```
const int forcePin = 24; // PWM (ШИМ) для силы нажима щеток
```

```
const int pressurePin = 25; // Аналоговый вход для датчика давления
```



```
// Функция ПИД-регулирования
float pidControl(float target, float actual) {
    float error = target - actual;
    static float previousError = 0.0;
    float derivative = (error - previousError) / 0.1;
    static float integral = 0.0;
    integral += error * 0.1;
    float output = Kp * error + Ki * integral + Kd * derivative;
    previousError = error;
    return output;
}

int main() {
    // Инициализация GPIO
    wiringPiSetup();
    pinMode(speedPin, PWM_OUTPUT);
    pinMode(forcePin, PWM_OUTPUT);
    pinMode(pressurePin, INPUT);

    // Запуск цикла браширования
    while (true) {
        // Считывание данных с датчика давления
        float pressure = analogRead(pressurePin) / 1024.0;

        // Вычисление скорости вращения щеток
        float speed = pidControl(500.0, pressure);

        // Вычисление силы нажима щеток
        float force = pidControl(1000.0, pressure);

        // Установка PWM для скорости вращения щеток
        pwmWrite(speedPin, (int)speed);

        // Установка PWM для силы нажима щеток
        pwmWrite(forcePin, (int)force);

        // Задержка
        delay(100);
    }

    return 0;
}
```

Программа использует ПИД-регулятор для управления скоростью вращения щеток и силой нажима. ПИД-регулятор имеет три параметра:  $K_p$  – коэффициент пропорциональной составляющей;  $K_i$  – коэффициент интегральной составляющей;  $K_d$  – коэффициент дифференциальной составляющей. Эти параметры определяют, как ПИД-регулятор будет реагировать на ошибку между заданным и текущим значением.

Настройка контроллера GPIO. Программа использует три канала контроллера для управления щетками и датчиком давления: `speedPin`: номер канала для скорости вращения щеток; `forcePin` – номер для силы нажима щеток; `pressurePin`: номер для датчика давления.

Функция `pidControl` принимает два аргумента: `target` – заданное значение; `actual` – текущее значение. Она вычисляет ошибку между заданным и текущим значением, а затем использует ПИД-регулятор для вычисления выходного значения.

Программа работает в бесконечном цикле `while (true)`. Внутри цикла программа выполняет следующие действия:

- Считывает данные с датчика давления (`pressure = analogRead(pressurePin) / 1024.0;`);
- Вычисляет скорость вращения щеток (`speed = pidControl(500.0, pressure);`);
- Вычисляет силу нажима щеток (`force = pidControl(1000.0, pressure);`);
- Устанавливает значение для скорости вращения щеток (`pwmWrite(speedPin, (int)speed);`);
- Устанавливает значение для силы нажима щеток (`pwmWrite(forcePin, (int)force);`);
- Делает задержку (`delay(100);`)

Рассмотрим разработанные математические модели объектов автоматизации браширования для реализации автоматического регулирования.

Динамика скорости вращения щеток может быть представлена уравнением:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = -B \cdot \omega + K \cdot UV$$

где  $J$  – момент инерции щеток;  $\omega$  – угловая скорость вращения щеток;  $B$  – коэффициент вязкого трения;  $K$  – коэффициент усиления двигателя;  $UV$  – управляющее напряжение, подаваемое на двигатель.

Динамика силы нажима представляется уравнением:

$$F_n = K_p \cdot U_p,$$

где  $F_n$  – сила нажима;  $K_p$  – коэффициент пропорциональности привода.

Скорость вращения брашировальных щеток определяется уравнением

$$UV = K_p \cdot (\omega_{ref} - \omega) + K_i \cdot \int (\omega_{ref} - \omega) dt + K_d \cdot \frac{d(\omega_{ref} - \omega)}{dt}$$

где  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – параметры ПИД-регулятора;  $\omega_{ref}$  – заданная скорость вращения.

Сила нажима:

$$U_p = K_p \cdot (F_{nref} - F_n),$$

где  $F_{nref}$  – заданная сила нажима.

Датчик давления описывается уравнением:

$$P = K_s \cdot F_n,$$

где  $P$  – измеренное давление;  $K_s$  – коэффициент чувствительности датчика

Объект браширования:

$$F_t = \mu + F_n \cdot \omega,$$

где  $F_t$  – сила трения;  $\mu$  – коэффициент трения.

Следует отметить, что в задачи управления входит:

1. Поддержание заданной скорости вращения щеток.
2. Обеспечение точного и быстрого позиционирования щеток.
3. Поддержание заданной силы нажима щеток.
4. Обеспечение оптимального контакта щеток с поверхностью.

Предположим, что скорость вращения браширующих щеток зависит от управляющего сигнала, который подается на электропривод. Пусть  $\omega(t)$  – скорость вращения в определенный момент времени  $t$ . Тогда можем использовать пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор для управления этой скоростью.

Математически это можно выразить следующим образом:

$$\omega(t) = \omega_{target} + K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt},$$

где  $\omega(t)$  – желаемая скорость вращения,  $e(t) = \omega_{target} - \omega(t)$  – ошибка скорости вращения,  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  – коэффициенты ПИД-регулятора, которые необходимо подобрать экспериментально.

Предположим, что сила нажима браширующих щеток зависит от управляющего сигнала, который подается на пневматическое устройство. Пусть  $F(t)$  – сила нажима в определенный момент времени  $t$ . Тогда также можно использовать ПИД-регулятор для управления этой силой.

Математически это можно выразить аналогичным образом:

$$F(t) = F_{t\text{arget}} + K_p \cdot e_F(t) + K_i \cdot \int_0^t e_F(\tau) dt + K_d \cdot \frac{de_F(t)}{dt},$$

где  $F_{t\text{arget}}$  – желаемая сила нажима;  $e_F(t) = F_{t\text{arget}} - F(t)$  – ошибка силы нажима;  $K_p, K_i, K_d$  – коэффициенты ПИД-регулятора.

Данные математические модели позволяют представить управление скоростью вращения и силой нажима браширующих щеток с использованием ПИД-регуляторов. Для практической реализации необходимо экспериментально подобрать значения коэффициентов ПИД-регуляторов, учитывая специфику конкретной системы и требований процесса браширования.

Реализация системы регулирования скорости вращения браширующих щеток в MatLab Simulink приведена на рис. 1.

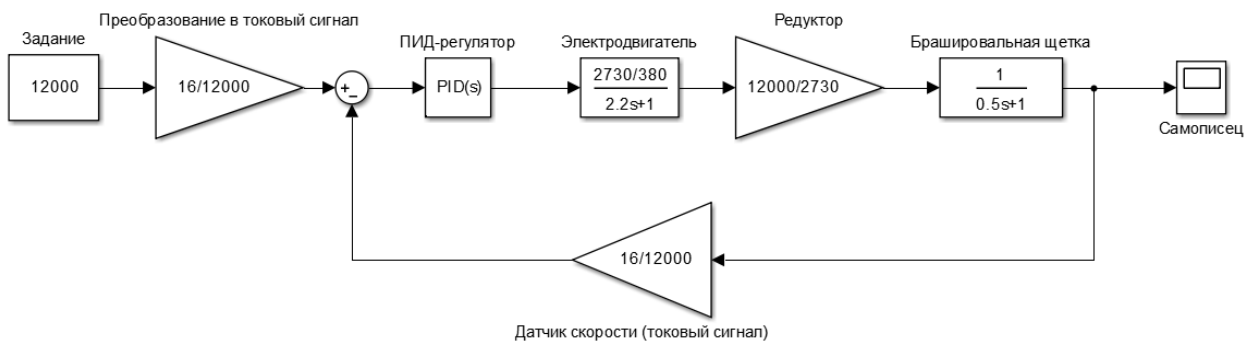


Рисунок 1 – Модель регулирования скорости вращения браширующих щеток в MatLab/Simulink

Динамическая характеристика скорости вращения браширующих щеток (рис. 2) характеризуется небольшим перерегулированием и малым временем переходного процесса (2,5 с).

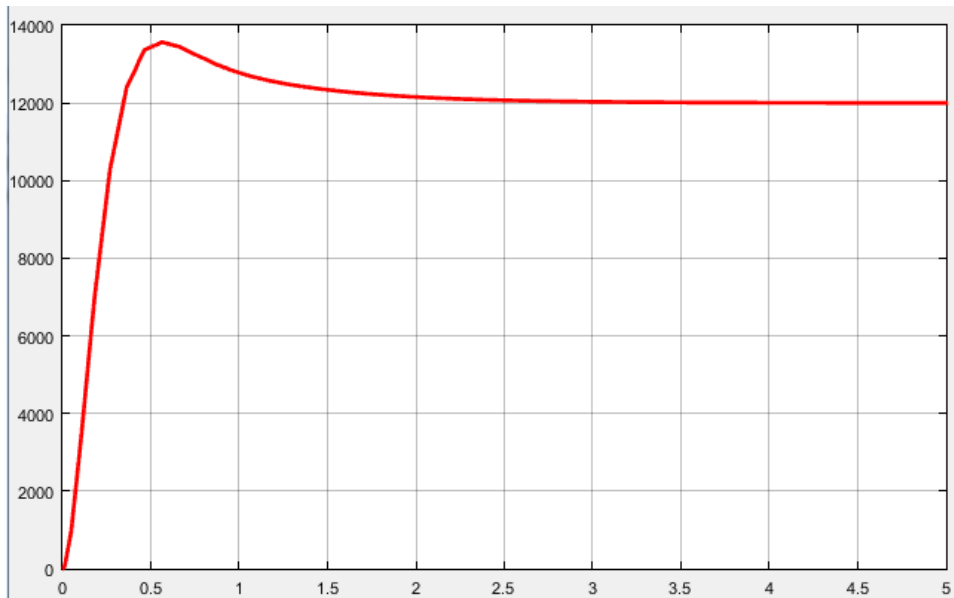


Рисунок 2 – Динамическая характеристика скорости вращения браширующих щеток

АСР скорости вращения браширующих щеток является устойчивой с хорошими запасами устойчивости по амплитуде и фазе (рис. 3).

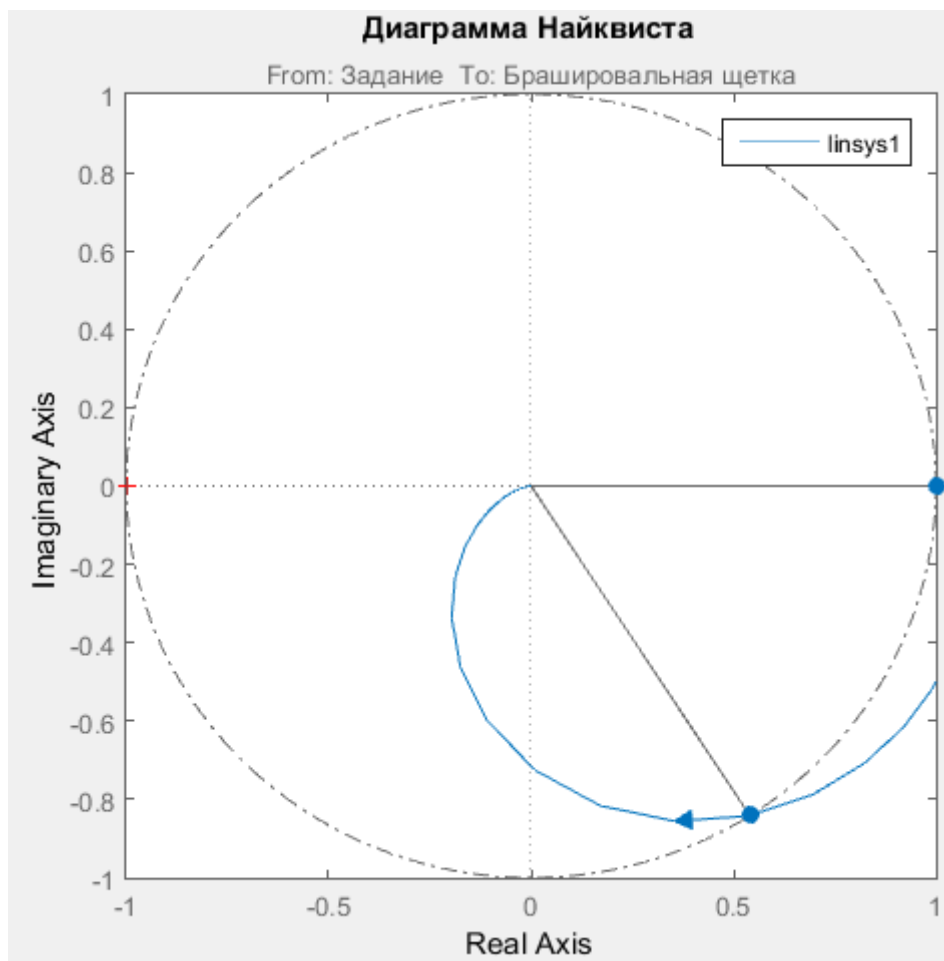


Рисунок 3 – Устойчивость АСР скорости вращения браширующих щеток

Автоматизация браширования является перспективным направлением развития деревообрабатывающей промышленности. Автоматические станки позволяют повысить производительность, улучшить качество обработки и снизить трудоемкость браширования.

### Список литературы

1. Грибанов, А. А. Использование технологии цифрового двойника технологического объекта управления в образовании / А. А. Грибанов // Автоматизация. Современные технологии. – 2022. – Т. 76. – № 2. – С. 89-93. – DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-2-89-93.

2. Грибанов, А. А. Настройка автоматических регуляторов методом идентификации технологических объектов управления / А. А. Грибанов, Ю. А. Пяткова // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве : материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 25 сентября 2020 года / Редакционная коллегия: В.И. Оробинский, В.Г. Козлов. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 155-160.

3. Грибанов, А. А. Идентификация параметров промышленных объектов управления / А. А. Грибанов, А. С. Василенко // Интеграция и развитие научно-технического и образовательного сотрудничества - взгляд в будущее : Сборник статей II Международной научно-технической конференции. В 3-х томах, Минск, 11–12 декабря 2019 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2020. – С. 45-48.

### References

1. Griбанov, A. A. Using the technology of digital twin of technological control object in education / A. A. Griбанov // Automation. Modern technologies. - 2022. - Т. 76. - № 2. - С. 89-93. - DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-2-89-93.

2. Griбанov, A. A. Adjustment of automatic regulators by method of identification of technological control objects / A. A. Griбанov, Yu. A. Pyatkova // Mechanization and automation of technological processes in agricultural production : proceedings of the national scientific-practical conference, Voronezh, September 25, 2020 / Editorial board: V. I. Orobinsky, V. G. Kozlov. - Voronezh: Voronezh State

Agrarian University named after Peter the Great. Emperor Peter the Great, 2020. - C. 155-160.

3. Griбанov, A. A. Identification of parameters of industrial control objects / A. A. Griбанov, A. S. Vasilenko // Integration and development of scientific, technical and educational cooperation - a look into the future : Collection of articles of the II International Scientific and Technical Conference. In 3 volumes, Minsk, December 11-12, 2019. - Minsk: Belarusian State Technological University, 2020. - C. 45-48.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛИВА  
В ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ  
STUDY OF AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM IN GREENHOUSE  
COMPLEXES USING ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Электрохимическая активация воды представляет собой инновационный подход к обработке воды с целью улучшения её качества через изменение её химических и физических свойств. Анализируя возможное использование ЭАВ в сельском хозяйстве, промышленности и медицине, данная статья оценивает её потенциал для повышения плодородия почв и улучшения роста растений в условиях тепличного комплекса. Несмотря на предполагаемые преимущества, такие как борьба с патогенами и увеличение урожайности, необходимы дальнейшие исследования для оценки эффективности метода и экономической целесообразности его широкомасштабного применения.

**Abstract:** Electrochemical activation of water represents an innovative approach to water treatment aimed at enhancing its quality by altering its chemical and physical properties. Examining the potential use of ECAW in agriculture, industry, and medicine, this article assesses its potential for improving soil fertility and plant growth within greenhouse complexes. Despite the anticipated advantages, such as combating pathogens and increasing crop yields, further research is needed



to evaluate the efficacy of the method and the economic feasibility of its widespread application.

**Ключевые слова:** электрохимическая активация воды, управление водными ресурсами, установки для ЭАВ, борьба с патогенами, урожайность, устойчивое земледелие, тепличные комплексы, автоматизированная система полива, повышение плодородия почвы, сельское хозяйство.

**Keywords:** electrochemical water activation, water resource management, ECAW units, pathogen control, crop yield, sustainable farming, greenhouse complexes, automated irrigation system, soil fertility improvement, agriculture.

Электрохимическая активация воды (ЭАВ) – это процесс обработки воды, который включает в себя применение электрического тока для изменения её химических и физических свойств. Предполагается, что этот процесс может улучшить качество воды и сделать её более полезной для различных целей, включая сельское хозяйство, промышленность и даже медицину. Однако эффективность и полезность ЭАВ подвержена дискуссиям в научном сообществе. Рассмотрим основные аспекты этого вопроса:

Улучшение качества воды. Сторонники ЭАВ утверждают, что процесс может уменьшить концентрацию вредных примесей, таких как бактерии, вирусы и тяжелые металлы, что делает воду более безопасной для потребления. Однако эти утверждения требуют дополнительных исследований и подтверждения, так как многие факторы, такие как начальное качество воды и условия обработки, могут существенно влиять на результат.

Активация воды для сельского хозяйства. Некоторые исследования показывают, что ЭАВ может увеличить плодородие почвы и улучшить рост растений за счёт стимуляции их физиологических процессов. Однако эффективность этого метода может варьировать в зависимости от типа почвы, климатических условий и других факторов, а также требует дальнейших исследований.

Промышленное применение. В промышленности ЭАВ может использоваться для обработки воды для технических целей, таких как очистка и растворение минеральных отложений. Однако эффективность этого метода может быть ограничена и может потребовать дополнительных химических процессов для достижения оптимальных результатов.

Некоторые исследования предлагают, что ЭАВ может иметь потенциал для применения в медицине, например, для очистки воды для медицинских

процедур или для лечения кожных заболеваний. Однако для подтверждения этих утверждений требуются дополнительные клинические исследования и тестирование.

В целом, хотя ЭАВ имеет потенциал как метод обработки воды, его полезность и эффективность могут варьироваться в зависимости от конкретного применения и условий эксплуатации. Дальнейшие исследования и эксперименты необходимы для более точного определения его преимуществ и ограничений.

Для тепличных комплексов электрохимически активированная вода может быть интересной альтернативой для полива и обработки почвы. Одним из потенциальных преимуществ использования ЭАВ в тепличном хозяйстве является возможность улучшения качества воды, что может привести к улучшению роста растений и повышению урожайности. Кроме того, электрохимическая обработка воды может помочь в борьбе с патогенами и болезнями растений, что особенно важно в условиях органического или интегрированного земледелия.

Однако, прежде чем внедрять ЭАВ в тепличные комплексы, необходимо учитывать несколько факторов. Во-первых, необходимо провести исследования, чтобы оценить конкретные эффекты обработки воды на конкретные культуры и условия выращивания. Во-вторых, стоимость и сложность оборудования для электрохимической активации воды могут оказаться непропорционально высокими для многих тепличных хозяйств, особенно для малых и средних предприятий. Наконец, необходимо учитывать потенциальные негативные эффекты, такие как образование химических соединений, которые могут быть вредными для растений или окружающей среды.

Тем не менее, с учетом проведения дополнительных исследований и тестирования, использование электрохимически активированной воды в тепличных комплексах может стать перспективным направлением развития, способствуя улучшению урожайности и устойчивости культур к болезням и патогенам.

Обзор перспективных установок для производства электрохимически активированной воды приведен в табл.1.

Таблица 1 – Установки для производства электрохимически активированной воды

Установка	Характеристики	Достоинства	Недостатки
Электролизёр с протонообменной мембраной (PEM)	Высокая плотность тока, высокая эффективность, быстрый отклик	Дороговизна, низкая толерантность к примесям	Пропускание протонов через мембрану, разделяющую водород и кислород
Твердооксидный электролизёр (SOEC)	Высокая температура работы, возможность использования различных видов топлива	Низкая плотность тока, высокая стоимость	Окисление ионизированного кислорода на аноде, восстановление водорода на катоде
Щелочной электролизёр (AEL)	Низкая стоимость, высокая толерантность к примесям	Низкая плотность тока, низкая эффективность	Электролиз водного раствора щелочи
Анионообменная мембранная (AEM) электролизёр	Высокая толерантность к примесям, низкая стоимость	Низкая плотность тока, низкая эффективность	Пропускание гидроксид-ионов через мембрану, разделяющую водород и кислород
Гидротермальный электролизёр (HTE)	Низкая температура работы, использование возобновляемых источников энергии	Низкая плотность тока, низкая эффективность	Электролиз воды с использованием возобновляемых источников энергии

Исследование автоматизированной системы полива в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды нами проведены в трудах [1, 2, 3].

Первая статья посвящена исследованию и разработке установки для электрохимической активации воды. Авторы описывают основные технические характеристики установки и результаты экспериментов, подтверждающие ее эффективность. Они также обсуждают потенциальные применения данной технологии, включая ее использование в сельском хозяйстве, в том числе в тепличных комплексах.

Вторая статья, написанная Грибановым, А. А., Стариковым, А. В., Мещеряковой, А. А., рассматривает использование цифрового двойника установки для электрохимической активации воды в образовательном процессе. Авторы описывают методику применения данной технологии в учебных целях и ее практическую значимость. Они подчеркивают важность внедрения современных технологий в образовательный процесс для

подготовки специалистов в области автоматизации технологических процессов и производств.

Третья статья, авторами которой являются Стариков А.В., Грибанов А.А., Старикова А.А., посвящена автоматизации системы управления комбинированным поливом в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды. Авторы описывают принципы работы системы, ее технические характеристики и результаты экспериментов. Они подчеркивают значимость автоматизации процессов в сельском хозяйстве для повышения его эффективности и конкурентоспособности.

Все труды представляют собой важный вклад в развитие технологий электрохимической активации воды и ее применения в сельском хозяйстве. Они подтверждают перспективность данной технологии для оптимизации процессов полива и повышения урожайности культур, что является актуальной задачей в современном мире с учетом изменяющихся климатических условий и увеличения потребности в продуктах сельского хозяйства.

### Список литературы

1. Griбанov, A. A. Research and Development of a Unit for the Electrochemical Activation Water / A. A. Griбанov, A. A. Meshcheryakova, A. V. Starikov // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) : Proceedings, Sochi, 15–19 мая 2023 года. – Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023. – P. 606-610. – DOI 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139038.
2. Грибанов, А. А. Использование в образовательном процессе цифрового двойника установки для электрохимической активации воды / А. А. Грибанов, А. В. Стариков, А. А. Мещерякова // Автоматизация. Современные технологии. 2023. – Т. 77, № 6. – С. 247-251. – DOI 10.36652/0869-4931-2023-77-6-247-251.
3. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Griбанov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on

Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.

### References

1. Griбанov, A. A. Research and Development of a Unit for the Electrochemical Activation Water / A. A. Griбанov, A. A. Meshcheryakova, A. V. Starikov // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) : Proceedings, Sochi, 15–19 мая 2023 года. – Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023. – P. 606-610. – DOI 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139038.
2. Griбанov, A. A. Use in the educational process of the digital twin of the installation for electrochemical water activation / A. A. Griбанov, A. V. Starikov, A. A. Meshcheryakova // Automation. Modern Technologies. 2023. - Т. 77, № 6. - С. 247-251. - DOI 10.36652/0869-4931-2023-77-6-247-251.
3. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Griбанov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_36-41

УДК 631.674: 621.316.7

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОЛИВА В ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСАХ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ  
ВОДЫ**

**TECHNICAL MEANS OF IRRIGATION IN GREENHOUSE COMPLEXES  
USING ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматриваются технические средства полива в тепличных комплексах, использующие электрохимически активированную воду (ЭАВ). Представлен анализ существующих систем, их эффективность и влияние на урожайность и качество растениеводства. Особое внимание уделено механизмам электрохимической активации воды, а также преимуществам и недостаткам её использования в условиях закрытого грунта.

**Abstract:** The article explores the technical means of irrigation in greenhouse complexes employing electrochemically activated water (ECAW). An analysis of existing systems, their efficiency, and impact on crop yield and quality of horticulture is presented. Special attention is given to the mechanisms of electrochemical activation of water, as well as the advantages and disadvantages of its use in controlled-environment agriculture.

**Ключевые слова:** тепличные комплексы, полив, электрохимическая активация воды, ЭАВ, урожайность, растениеводство, технические средства полива, системы полива, закрытый грунт, агротехнологии.

**Keywords:** greenhouse complexes, irrigation, electrochemical water activation, ECAW, crop yield, horticulture, irrigation technologies, irrigation systems, controlled environment, agritechology.

Тепличные комплексы играют ключевую роль в современном сельском хозяйстве, обеспечивая устойчивое производство овощей и других культур в условиях изменяющегося климата. Эффективное управление поливом в тепличных комплексах имеет принципиальное значение для достижения высоких показателей урожайности и качества продукции. В последние годы активно исследуются новые технологии, направленные на оптимизацию процессов полива. Одной из перспективных технологий является использование электрохимически активированной воды.

Процесс ЭАВ можно описать следующим алгоритмом:

1. Вода поступает в электрохимический резервуар, где она подготавливается к процессу активации, пройдя необходимые стадии фильтрации и предварительной обработки.

2. В резервуаре вода подвергается воздействию постоянного электрического тока, проходящего через электроды – анод и катод.

3. На катоде формируется католит – вода с восстановленными свойствами и высоким рН. На аноде – анолит, вода с окислительными свойствами и низким рН.

4. Полученные католит и анолит собираются в разных резервуарах и используются согласно их функциональному назначению.

Полученная таким образом вода обладает уникальными свойствами, способствующими более эффективному увлажнению и питанию корневой системы растений.

Математическое описание процесса ЭАВ может быть задано с использованием моделей Нернста-Планка, Батлера-Вольмера, и макроскопического описания потока массы в ячейке ЭАВ.

Модель Нернста-Планка для описания диффузии и миграции ионов:

$$J = -D \cdot \frac{dC}{dx} - \mu \cdot z \cdot F \cdot C \cdot \frac{d\phi}{dx}$$

где  $J$  – плотность потока ионов;  $D$  – коэффициент диффузии;  $C$  – концентрация ионов;  $x$  – координата;  $\mu$  – подвижность ионов;  $z$  – заряд иона;  $F$  – постоянная Фарадея;  $\phi$  – электрический потенциал.

Модель Батлера-Вольмера для описания кинетики электродных реакций:

$$i = i_0 \cdot \left( \exp \left( \frac{\alpha \cdot F \cdot \eta}{RT} \right) - \exp \left( - \frac{(1-\alpha) \cdot F \cdot \eta}{RT} \right) \right)$$

где  $i$  – плотность тока,  $i_0$  – ток обмена,  $\alpha$  – коэффициент асимметрии,  $F$  – постоянная Фарадея,  $\eta$  – избыточное напряжение на электроде (разность между потенциалом электрода и потенциалом равновесия реакции),  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – температура.

Макроскопическое описание потока массы в ячейке ЭАВ:

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2} - v \frac{dC}{dx} - r(C, t)$$

Где  $\frac{dC}{dt}$  – скорость изменения концентрации  $C$  во времени  $t$ ;  $D$  – коэффициент диффузии;  $\frac{d^2C}{dx^2}$  – вторая производная концентрации по координате  $x$ , учитывающая диффузию;  $v$  – скорость потока, учитывающая конвекцию;  $\frac{dC}{dx}$  – градиент концентрации, учитывающий конвекцию;  $r(C, t)$  – скорость химической реакции в зависимости от концентрации  $C$  и времени  $t$ .

Одним из основных преимуществ использования ЭАВ является улучшение качества воды и повышение ее эффективности при полив, что позволяет снизить расход воды и удобрений, а также снизить риск заболеваний растений. Однако, существуют и некоторые недостатки, такие как высокие затраты на оборудование и электроэнергию, а также необходимость систематического обслуживания и контроля.

Технические средства автоматизации систем полива сегодня играют ключевую роль в развитии современного сельского хозяйства, повышении эффективности водопользования и оптимизации агротехнических процедур. Использование этих технологий позволяет улучшить условия выращивания растений, снизить потребление ресурсов и трудозатраты, а также повысить качество и количество урожая.

Автоматизированные системы полива опираются на комплексное использование программного обеспечения и аппаратных компонентов [1, 2]. Основой таких систем являются датчики влажности, температуры, pH и



питательных веществ в почве, которые обеспечивают сбор данных в реальном времени для мониторинга состояния почвы и потребностей растений. Анализируя полученные данные, центральный блок управления принимает решения о запуске полива, его продолжительности и интенсивности.

Система автоматического полива включает в себя насосы, клапаны, фильтры и капельницы или спринклеры. Насосы, работающие под управлением контроллера, обеспечивают подачу воды по запрограммированному графику. Клапаны направляют поток воды в нужные зоны полива. Фильтры предотвращают засорение системы твердыми частицами, а капельницы и спринклеры обеспечивают равномерное распределение воды по почве.

Среди преимуществ автоматизированной системы полива – точный контроль над водопотреблением, уменьшение объемов испаряемой воды, улучшение корневой системы растений за счет оптимальной влажности почвы и сокращение риска развития болезней. Эти системы также способствуют минимизации экологического влияния агрохозяйств за счет предотвращения переизбытка воды и улучшения использования удобрений.

На практике автоматизация полива может быть воплощена как в крупных аграрных холдингах, так и в частных подсобных хозяйствах. Малогабаритные системы капельного полива доступны для мелкосерийного производства и сюжетного садоводства, что позволяет увеличить доступность технологии.

Отдельное внимание заслуживают передовые методы ирригации, включающие применение ЭАВ – электрохимически активированной воды. Этот подход представляет собой экономно-эффективное решение для повышения качества полива, особенно в условиях ограниченного доступа к чистой воде.

Фундаментальным показателем для успешной автоматизации полива является программное обеспечение, способное интегрировать данные с различных сенсоров, предоставлять гибкие настройки полива и адаптироваться к меняющимся климатическим условиям. Разработка такого ПО представляет собой сложную ИТ задачу, требующую глубоких знаний как в области агрономии, так и в области программирования и кибернетики.

Таким образом, технические средства полива в тепличных комплексах с использованием электрохимически активированной воды представляют собой перспективное направление развития сельского хозяйства. Они позволяют совершенствовать процессы полива, повышать урожайность и качество

продукции, а также снижать нагрузку на окружающую среду. Однако, для успешной реализации таких систем необходимо учитывать как преимущества, так и недостатки данной технологии, а также применять современные средства автоматизации для эффективного управления

### Список литературы

1. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Gribanov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660385 Российская Федерация. Программа для конфигурации технологических режимов автоматизированной теплицы : № 2023619875 : заявл. 19.05.2023 : опубл. 19.05.2023 / А. В. Старикив, А. А. Старикина ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова".
3. Старикив, А. В. Конфигуратор технологических режимов автоматизированной теплицы: функциональность и особенности реализации / А. В. Старикив, А. А. Старикина // Современный лесной комплекс страны: проблемы и тренды развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 07 октября 2022 года / Отв. редактор А.А. Платонов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 224-232. – DOI 10.58168/MFCCPTD2022\_224-232.

### References

1. Starikov, A. V. Automation of Combined Irrigation System Control in Greenhouses with Electrochemically Activated Water / A. V. Starikov, A. A. Gribanov, A. A. Starikova // International Ural Conference on Electrical Power Engineering : Proceedings - 2022 International Ural Conference on

- Electrical Power Engineering, UralCon 2022, Magnitogorsk, 23–25 сентября 2022 года. – Magnitogorsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. – P. 284-289. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906670.
2. Certificate of state registration of computer program No. 2023660385 Russian Federation. Program for configuration of technological modes of automated greenhouse : № 2023619875 : applied. 19.05.2023 : published on 19.05.2023 / A. V. Starikov, A. A. Starikova ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov".
  3. Starikov, A. V. Configurator of technological modes of the automated greenhouse: functionality and features of implementation / A. V. Starikov, A. A. Starikova // Modern forestry complex of the country: problems and trends of development : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Voronezh, October 07, 2022 / Editor-in-Chief A. A. Platonov. - Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. G.F. Morozov, 2022. - С. 224-232. - DOI 10.58168/MFCCPTD2022\_224-232.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПИВА  
IMPROVING AUTOMATION SYSTEMS FOR THE BEER PRODUCTION  
PROCESS**

**Гусев В.М., студент**

**Мещерякова А.А., к.т.н., доцент**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

aam\_mtd\_vglta@mail.ru

**Gusev V.M., Student**

**Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

**Gribanov A.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Рассмотрены особенности автоматизации технологического процесса производства пива.

**Abstract:** The features of the automation of the technological process of beer production are considered.

**Ключевые слова:** система управления, автоматизация, производство, совершенствование.

**Keywords:** control control system, automation, production, improvement.

Автоматизация управления пивоваренными предприятиями испытывает бум спроса и предложений. Постоянное и четкое соблюдение параметров технологического процесса на всех стадиях приготовления – залог высокого и стабильного качества пива.

На предприятии «ТАРКОС», расположенном в Воронежской области, имеется пивоварня. Производительность, которой составляет около 3000000 л/г, при этом эта пивоварня выпускает в основном пшеничное пиво. Анализ рынка показывает, что необходимо увеличивать объемы выпускаемой продукции. В настоящее время на территории пивоварни строится второй варочный цех с большими объемами оборудования.

Поскольку «ТАРКОС» – это молодая компания, то она сотрудничает с небольшим количеством баров и пивных магазинов. В результате ежегодного увеличения спроса на их продукцию, данного уровня производства пива недостаточно, и из-за этого уровень качества продукции снижается. В то же время постройка большого варочного цеха позволит решить проблему с объемами производства и его качеством, а также позволит расширить ассортимент производимого пива.

Цель работы: разработать проект автоматизированной системы управления процессом производства пива, что оказывает большое влияние на выпуск качественной продукции, соответствующей по физико-химическим, микробиологическим и органолептическим показателям действующей нормативно-технической документации.

Для управления всеми параметрами на пивоварне предлагаем установить программу Brewmaxx.

Это программное обеспечение для постоянного контроля над широким спектром процессов, начиная с производственных данных, обработки жидкости на основе рецептов, MES (Manufacturing Execution System), а также имеет хорошую интеграцию с системами ERP и LIMS.

Одна из лучших функций Brewmaxx – это возможность использовать параметризацию вместо программирования. Это позволяет заменить использование индивидуального программирования параметризацией всех технических функций.

Архитектура системы позволяет применять к ней изменения без необходимости остановки производства. Это позволяет сэкономить время и является гораздо более эффективным, чем остановка всего процесса приготовления кофе при каждом небольшом изменении в настройке.

Brewmaxx обладает широким спектром возможностей, некоторые из наиболее заметных из них: система управления процессом — объектная, открытая и на основе ПЛК; автоматизированный рецепт контроля и управления; библиотека векторной графики процесса; большая библиотека

модулей predetermined классов автоматизации; модули оборудования, которые варят определенные; веб-система отчетности; великолепные функции архивирования; доступны разные языки.

Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом представлена на рисунке 1.

Система организована по трехступенчатой схеме. Главный компьютер верхнего уровня содержит панель управления Prep Works, панель управления Quality Lab и панели управления других пользователей. Дистанционно управляемая система сбора и обработки данных управляется с пульта оператора в цехе подготовки, принимает и обрабатывает информацию от датчиков и передает сигналы управления агрегатам и механизмам.

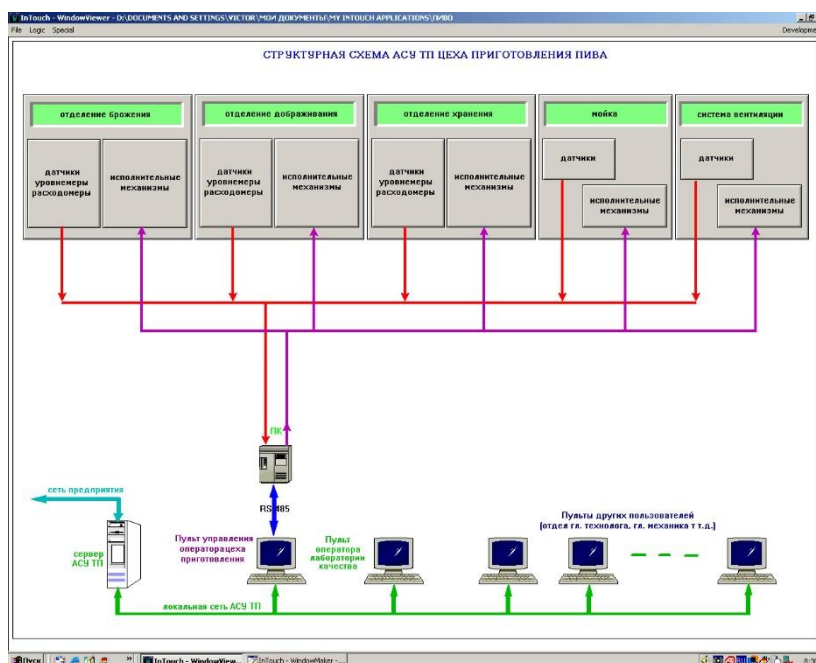


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом пивоварни

Функциональная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом пивоварни представлена на рисунке 2.

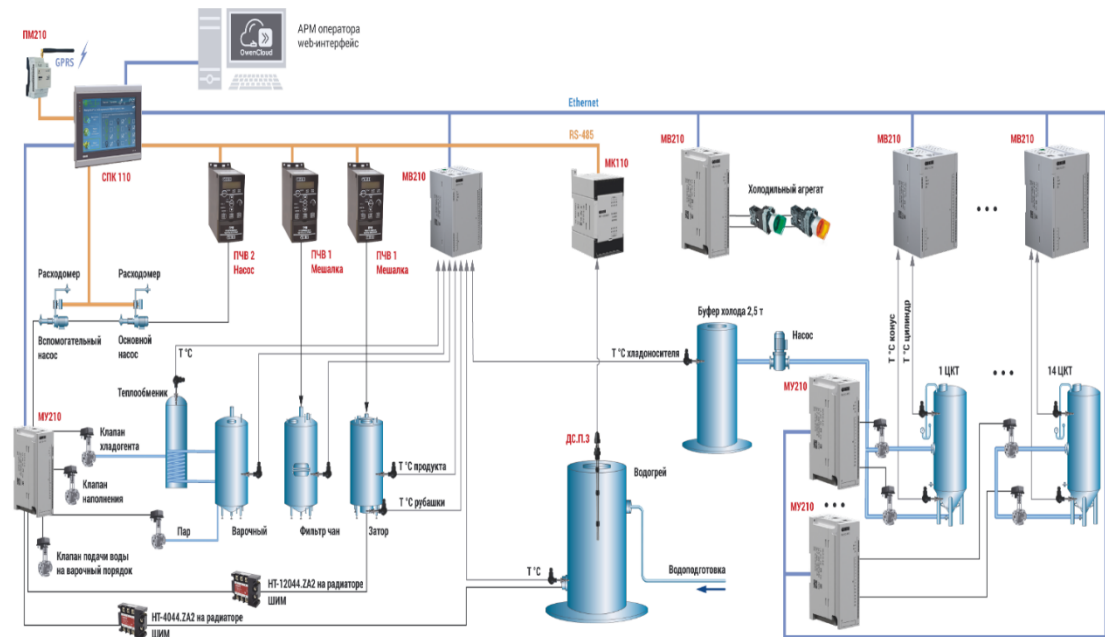


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом пивоварни

Автоматическая система управления процессом пивоварения: максимально снижает влияние человеческого фактора. Обеспечить гарантированное качество продукции. Сокращение численности обслуживающего персонала. Обеспечение отчетности на каждом этапе производства.

### Список литературы

1. Мещерякова, А.А. Методология функционального моделирования SADT / А. А. Мещерякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: Национальная научно-практическая конференция «Современные проблемы прикладных и фундаментальных исследований в лесном хозяйстве и природопользовании». В издание включены научные статьи, отобранные редакционной коллегией по результатам национальной научно-практической конференции «Современные проблемы прикладных и фундаментальных исследований в лесном хозяйстве и природопользовании», прошедшей 05 декабря 2018 года на базе ФГБОУ ВО «Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова». - Воронеж, 2018. - № 7 (43). – С. 66-70.
2. Мещерякова, А. А. Потенциальные возможности CASE-средств / А. А. Мещерякова, Ю. А. Пяткова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по

материалам второй международной научно-технической конференции «Современные технологии и автоматизация производства». - Воронеж, 2018. - № 5 (41). – С. 412-416.

### References

1. Meshcheriakova, A.A. Methodology of functional modeling SADT / A. A. Meshcheriakova // Actual directions of scientific research of the XXI century: National scientific-practical conference "Modern problems of applied and fundamental research in forestry and nature management". The publication includes scientific articles selected by the editorial board according to the results of the national scientific-practical conference "Modern problems of applied and fundamental research in forestry and nature management", held on December 05, 2018 on the basis of FGBOU VO "Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov". - Voronezh, 2018. - № 7 (43). - P. 66-70.

2. Mescheryakova, A. A. Potential possibilities of CASE-means / A. A. Mescheryakova, Y. A. Pyatkova // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice : a collection of scientific papers on the materials of the second international scientific and technical conference "Modern technologies and automation of production". - Voronezh, 2018. - № 5 (41). – P. 412-416.



**ОСОБЕННОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА  
FEATURES OF INTELLIGENT SUPPORT FOR AUTOMATION  
OF PRODUCTION PROCESSES**

**Евдокимова С.А., к.т.н., доцент**  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
г. Воронеж, Россия  
evdsv@mail.ru

**Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor**  
FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"  
Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматривается иерархическая структура построения информационно-управляющих систем для автоматизации производства, которая обеспечивает интеграцию интеллектуальных технологий и промышленность. Интернет вещей, искусственный интеллект, компьютерное зрение, робототехника и другие технологии используются для интеллектуальной поддержки автоматизации производственных процессов.

**Abstract:** The article examines the hierarchical structure of building information and control systems for production automation, which ensures the integration of intelligent technologies and industry. Internet of things, artificial intelligence, computer vision, robotics and other technologies are used for intelligent support for automation of production processes.

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0, MES, SCADA, робототехника, искусственный интеллект, автоматизация производства.

**Keywords:** Industry 4.0, MES, SCADA, robotics, artificial intelligence, production automation.

Индустрия 4.0 – это концепция, основанная на интеграции информационных технологий и промышленности, которая объединяет все

этапы жизненного цикла в единое информационное пространство и обеспечивает поддержку принятия решений. В основе четвертой промышленной революции лежат искусственный интеллект, облачные вычисления, роботизация, интернет вещей и другие направления взаимодействия машин и удаленной передачи информации [1-3].

Задачи, возникающие при управлении производством, в последнее время значительно усложнились, поскольку из-за нестабильных международных отношений с зарубежными предприятиями нужно постоянно искать новых поставщиков, менять логистические цепочки, рынок сбыта.

Информационно-управляющие системы (ИУС) предприятия имеют иерархическую структуру, которая объединяет аппаратные и программные средства управления и контроля оборудованием, системы SCADA, MES, ERP и другие [4]. На рисунке 1 представлена иерархия ИУС предприятия и соответствующих задач, решаемых каждым видом систем. Структура ИУС предприятия имеет взаимосвязанную систему с обратными связями.

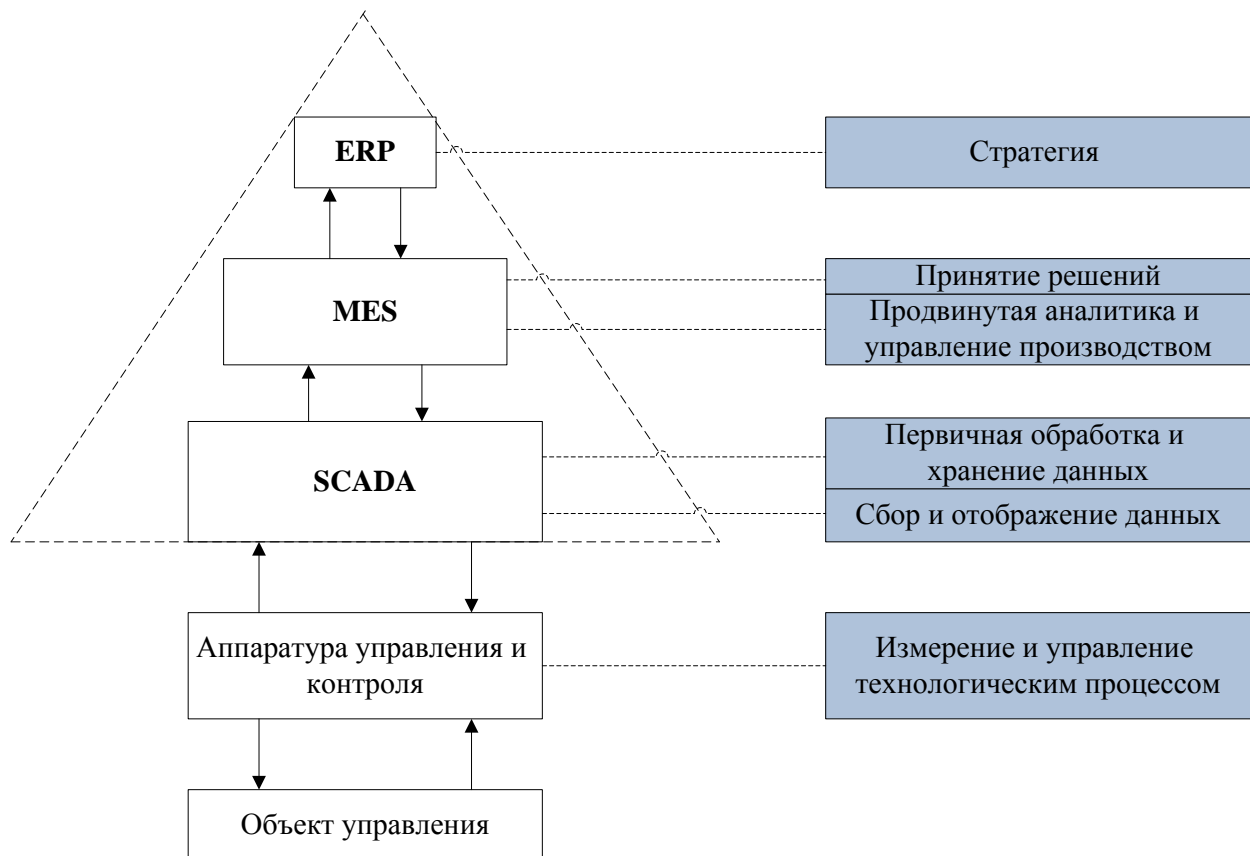


Рисунок 1 – Иерархия ИУС предприятия и соответствующих задач

Локальные системы управления используют информацию датчиков, анализируют ее, передают в виде управляющих инструкций исполнительным

механизмам, которые система приводит в действие. Системы управления должны быть с обратной связью, чтобы выполнялся контроль процессов.

SCADA-системы позволяют передавать управляющие команды на оборудование, имеющее ПЛК, датчики, исполнительные механизмы. Системы получают информацию от удаленных АРМ и обеспечивают контроль производственных процессов. Разработанные приложения SCADA демонстрируют поведение оборудования, выполняют сбор данных и диспетчеризацию управляющих воздействий. При этом сокращается необходимость в непосредственной работе оператора с механизмами и технологическим оборудованием [5, 6].

MES-системы предназначены для управления производственными процессами, обеспечивают распределение ресурсов оборудования и производственной логистики на уровне цеха. Из SCADA в MES поступает информация о переработке исходных материалов в готовые изделия, об образовании брака. MES может строить временные циклограммы для бесперебойной работы технологического оборудования и выполнять их оптимизацию. Контроль выполнения построенных календарных графиков позволяет руководителю отследить полный путь продукции, определить запаздывание в поставках и отклонение от графиков, принять необходимые меры в случае поломки оборудования [7].

Ключевой проблемой нарушения запланированных графиков работы является выход из строя оборудования и его небыстрый ремонт. В работе [8] авторы для гибкого планирования работы цеха предлагают динамическую разработку графиков с поддержкой интернета вещей в MES. Устройства автоматического обнаружения неполадок и остановки работы оборудования незамедлительно передают информацию об этом в систему управления для корректировки производственного графика с учетом простоя оборудования. Первоначальный план рассматривается как базовый, а далее с помощью генетического алгоритма и алгоритма со сдвигом справа на основе реальных событий строится скорректированный план-график, перераспределяя задания между оборудованием.

Параллельно с задачей планирования производственного процесса на текущий временной период в MES решается задача обслуживания и поддержания работоспособности оборудования. Исходной информацией о состоянии машин являются рекомендуемые параметры изготовителя для проведения сервисного обслуживания с целью обеспечения надежной

качественной работы. Реальное состояние оборудования и его износ передаются в систему с помощью датчиков. Оптимизационные модели в MES позволяют учитывать всю поступающую информацию, планировать обслуживание техники и выполнять динамическое планирование производственных процессов.

Информация из MES передается в комплексную систему предприятия ERP, которая объединяет все подразделения предприятия и предназначена для управления всеми ресурсами предприятия. Задачи ERP-систем связаны с обеспечением поддержки принятия решений, выработки стратегий и контролем всех видов деятельности на предприятии [9]. Поставленные задачи передаются из ERP в MES, в которой имеются модули планирования и анализа производственных процессов.

Многие предприятия могут использовать смешанные производственные линии, производить разнородную продукцию нескольких вариантов и сортов. В этом случае используется динамическая оптимизация в системах ERP/MES с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, которые могут рассчитать время выпуска необходимых партий продукции [10]. Для этого в системах ERP/MES используются механизмы особого внимания (EMA-DCPM), работа которых включает в себя сбор данных, предварительную обработку, прогнозирование времени работы и динамическую оптимизацию пути.

Динамическая оптимизация позволяет предприятиям ориентироваться не на универсальность, а на программируемую и гибкую автоматизацию производственных процессов. Гибкие автоматизированные производства обеспечивают быстрый переход от одних технологических процессов к другим без потери времени, увеличения сроков изготовления.

Расширение классических функций MES и SCADA связано с интеллектуальными технологиями на производстве и использованием робототехники, с созданием единого информационного пространства поддержки всего жизненного цикла изделия [11, 12]. Единая цифровая среда имеет сервис-ориентированную архитектуру (SOA), которая позволяет взаимодействовать программным системам и модулям на разных платформах. Робототехнические системы могут выполнять погрузо-разгрузочные работы, сварку, обработку поверхности, резку металла и т.д.

Интеграция робототехники и искусственного интеллекта значительно расширила возможности систем автоматизации [13]. Алгоритмы машинного

обучения и компьютерного зрения позволяют роботам распознавать объекты, людей и жесты, обнаруживать дефекты в производимой продукции.

Таким образом, Интернет вещей, искусственный интеллект, компьютерное зрение, робототехника и другие технологии обеспечивают интеллектуальную поддержку автоматизации производственных процессов.

### Список литературы

1. Fábio Corrêa, E. Adaptability in industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / E. Fábio Corrêa, D. Santos de Freitas // Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.

2. Фомина, А.В. Индустрия 4.0. Основные понятия, преимущества и проблемы / А.В. Фомина, К.Ю. Мухин // Экономический вектор. – 2018. – № 3 (14). – С. 33-38.

3. Закриева, М.С. Автоматизация производства с помощью новых технологий / М.С. Закриева, И.А. Магомедов, Р.С. Зарипова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Т. 13, № 4-1. – С. 641-646.

4. Шульц, Т. Обзор модели стандартной архитектуры и компонентов Industry 4.0 / Т. Шульц, И.В. Некрасов, Д.В. Лежнин // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 10. – С. 39-46.

5. Jaiswal, M. Automation with networking and artificial intelligence / M. Jaiswal, M.S. Patel // SSRN Electronic Journal. – 2021. – Vol. 9, № 1. – Pp. 4748-4759.

6. Новикова, Т.П. Автоматизированное проектирование расположения базовых станций беспроводной сотовой связи / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, Р.Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 4. – С. 61-70.

7. Новикова, Т.П. Разработка и исследование базовой модели PERT для планирования работ по проекту / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, А.И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 75-81.

8. An IoT-Enabled Real-Time Dynamic Scheduler for Flexible Job Shop Scheduling (FJSS) in an Industry 4.0-Based Manufacturing Execution System (MES 4.0) / A. Tariq [et al.] // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. - Pp. 49653-49666. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3384252.

9. Евдокимова, С.А. Применение алгоритмов кластеризации для анализа клиентской базы магазина / С.А. Евдокимова, А.В. Журавлев, Т.П. Новикова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 4-12.
10. Tongming, X.U. Research on collaborative flexible job-shop scheduling technology / X.U. Tongming, L.I. Zhou, F. Huanhu // Mechatronics and Automation Technology. – 2022. – Vol. 33. – Pp. 1-13. – DOI: 10.3233/ATDE221143.
11. Беляева, Т.П. Интегрированная среда управления производственными процессами на основе ИПИ-технологий / Т.П. Беляева // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 18-23.
12. Беляева, Т.П. Управление предприятием на основе современных ИПИ-технологий / Т.П. Беляева // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 13-18.
13. Industrial robotics as an important part of modern production automation / M. Malaga, T. Broum, M. Simon, M. Fronek // Acta Mechatronica – International Scientific Journal about Mechatronics. – 2022. – Vol. 7(4). – Pp. 31-36.

### References

1. Fábio Corrêa, E. Adaptability in industry 4.0: service-oriented architecture to deploy artificial intelligence on industrial automation / E. Fábio Corrêa, D. Santos de Freitas // Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial. – 2023. – Vol. 16(3). – DOI: 10.18624/etech.v16i3.1301.
2. Fomina, A.V. Industry 4.0. Basic concepts, advantages and problems / A.V. Fomina, K.Yu. Mukhin // Economic vector. – 2018. – No. 3 (14). – pp. 33-38.
3. Zakrieva, M.S. Automation of production using new technologies / M.S. Zakrieva, I.A. Magomedov, R.S. Zaripova // Economics: yesterday, today, tomorrow. – 2023. – Т. 13, No. 4-1. – P. 641-646.
4. Schultz, T. Review of the model of standard architecture and components of Industry 4.0 / T. Schultz, I.V. Nekrasov, D.V. Lezhnin // Automation in industry. – 2018. – No. 10. – P. 39-46.
5. Jaiswal, M. Automation with networking and artificial intelligence / M. Jaiswal, M.S. Patel // SSRN Electronic Journal. – 2021. – Vol. 9, No. 1. – Pp. 4748-4759.
6. Novikova, T.P. Automated design of the location of base stations for wireless cellular communications / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, R.Yu. Medvedev // Modeling of systems and processes. 2023. V. 16, No. 4. P. 61-70.

7. Novikova, T.P. Development and research of the basic PERT model for planning project work / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, A.I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – T. 14, No. 4. – P. 75-81.
8. An IoT-Enabled Real-Time Dynamic Scheduler for Flexible Job Shop Scheduling (FJSS) in an Industry 4.0-Based Manufacturing Execution System (MES 4.0) / A. Tariq [et al.] // IEEE Access. – 2024. – Vol. 12. - Pp. 49653-49666. – DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3384252.
9. Evdokimova, S.A. Application of clustering algorithms to analyze the store's customer base / S.A. Evdokimova, A.V. Zhuravlev, T.P. Novikova / Modeling of systems and processes. – 2021. – T. 14, No. 2. – P. 4-12.
10. Tongming, X.U. Research on collaborative flexible job-shop scheduling technology / X.U. Tongming, L.I. Zhou, F. Huanhu // Mechatronics and Automation Technology. – 2022. – Vol. 33. – Pp. 1-13. – DOI: 10.3233/ATDE221143.
11. Belyaeva, T.P. Integrated environment for managing production processes based on IPI technologies / T.P. Belyaeva // Modeling of systems and processes. – 2010. – No. 1-2. – pp. 18-23.
12. Belyaeva, T.P. Enterprise management based on modern IPI technologies / T.P. Belyaeva // Modeling of systems and processes. – 2010. – No. 1-2. – pp. 13-18.
13. Industrial robotics as an important part of modern production automation / M. Malaga, T. Broum, M. Simon, M. Fronek // Acta Mechatronica – International Scientific Journal about Mechatronics. – 2022. – Vol. 7(4). – Pp. 31-36.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ  
ЛИДАР**

**AUTOMATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF REINFORCED  
CONCRETE PRODUCTS USING LIDAR SENSORS**

**Ковун Д.А., студент**

**Лапшина М.Л., д.т.н., профессор**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina\_lapshina@mail.ru

**Kovun D.A., student**

**Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассмотрены возможности автоматизации производственного цикла железобетонных изделий, с использованием современных датчиков лидар, учтены возможности применения модифицированных и экспериментальных бетонных смесей, принята в расчёт возможность появления внештатных ситуаций в целях безостановочного производства и производственного цикла предприятия.

**Abstract:** The article considers the possibilities of automating the production cycle of reinforced concrete products using modern lidar sensors, takes into account the possibilities of using modified and experimental concrete mixtures, and takes into account the possibility of emergency situations for non-stop production and the production cycle of the enterprise.

**Ключевые слова:** автоматизация, оптимизация, железобетонные изделия, строительство, лидар, маркировка

**Keywords:** automation, optimization, reinforced concrete products, construction, lidar, marking



В настоящее время в России стоит острый вопрос по развитию, как и в любой другой стране мира. Основой для любой развитой страны является строительство, так как это главное в жизни человека. Иметь недвижимость, жить в комфортных условиях, передвигаться быстро по городу, стране, работать и учиться в комфортных условиях. Для этого нужны дома, производства, мосты, набережные. В своём большинстве, всё это – железобетонные конструкции. Они сопровождают нас всё это время быстрого темпа развития. И сейчас железобетон лидирует в строительстве по всему миру.

Железобетонные конструкции имеют разный тип возведения в зависимости от требований и типа постройки (рис. 1).

В заводском исполнении производятся сборные и сборно-монолитные конструкции, которые затем можно применять в строительстве домов, строительстве мостов, строительстве нежилых зданий и городской инфраструктуры.

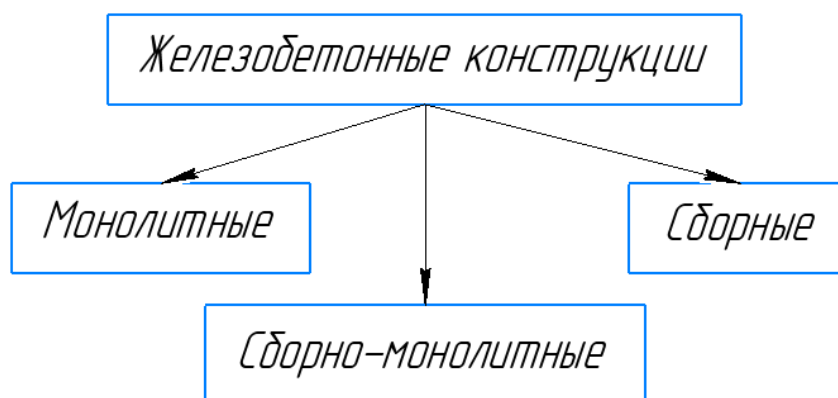


Рисунок 1 – Типы железобетонных конструкций

В настоящее время мощными темпами развивается и дешевеет технология лидар [1].

Технологический процесс изготовления железобетонных изделий включает следующие основные пункты:

- 1) Транспортировка материалов и расходников
- 2) Подготовка арматурного каркаса
- 3) Производство бетонной смеси
- 4) Подготовка форм
- 5) Заливка смеси в формы и формование
- 6) Набор прочности материала
- 7) Обработка поверхности изделия

8) Маркировка и прохождение отдела контроля качества

9) Отправка на склады и объекты

С учётом этих пунктов составлена функциональная схема (рис. 2).

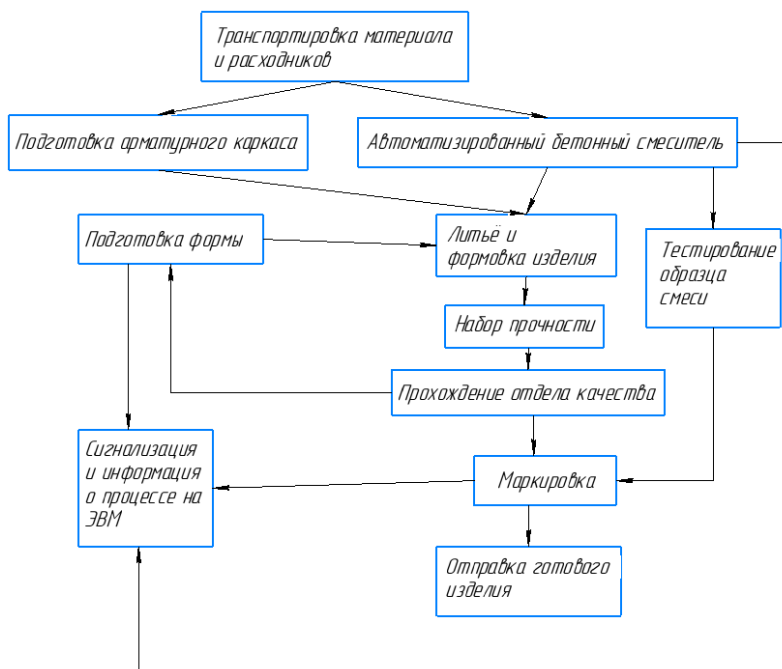


Рисунок 2 – Функциональная схема производства железобетонных изделий

Транспортировка материалов обычно производится при помощи железнодорожного, речного, автомобильного транспорта, данный этап возможно автоматизировать при помощи уже существующих технологий автоматического пилотирования или вспомогательных систем также на базе датчиков лидар. Если с полным автомобильным автопилотом ещё есть сложности, то железнодорожный транспорт уже поддаётся полной автоматизации [2]. Арматурный каркас типовых изделий уже можно автоматизировать при помощи поточно-механизированных линий для заготовки.

Для автоматизированного производства бетонной смеси можно использовать автоматизированные смесители. При помощи датчиков лидар появляется возможность изготовления различных смесей для различных изделий, в том числе экспериментальных, как ранее упомянутое использование смеси с фенольными растворами, так и в новых растворах, которые могут появиться в будущем. Следует заметить, что при дозировании первыми заливаются жидкие вещества, это и не позволит произойти выходу из строя датчика, и соответствует требованиям производителей для достижения

максимальной прочности состава, уменьшение издержек производства, уменьшение возможного вреда здоровью людей. На данном этапе произойдёт сверка показателей. В случае несоответствия незамедлительно придёт сообщение об ошибке на указанные клиентские компьютеры. Подготовка форм при налаженном технологическом процессе может быть автоматизирована датчиками лидар (рис. 3), которыми будет считываться информация, о чистоте формы от изготовления прошлых изделий, затем подвижными распылителями с ЧПУ нанести смазывающий состав на форму, чтобы изделие можно было достать из неё с минимальными рисками деформации как для формы, так и для самой панели.

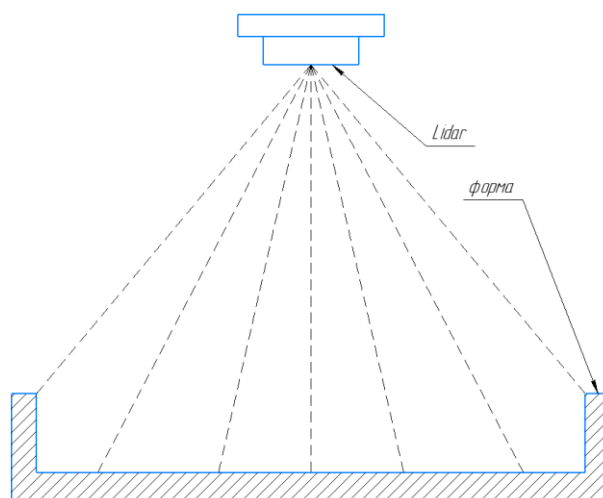


Рисунок 3 – Автоматизированная проверка формы на пригодность к дальнейшему использованию на основе Lidar технологии

Если форма не соответствует заданной, компьютер сравнит показатели датчика лидар с шаблонными, и форма отправится на чистку, которую тоже можно автоматизировать используя мойку под давлением с ЧПУ [3]. В случае повторной проблемы с этой формой, отправляется сообщение, чтобы её проверили для дальнейших решений, о дополнительной чистке или утилизации, ремонте, при этом производственный процесс не останавливается.

Заливка смеси осуществляется в заготовленную форму на вибростол, после установки арматуры, где компьютер считывает показатели с датчика лидар, где можно вычислить объём залитого материала, получить информацию о ровности поверхности залитой формы (рис. 4). При этом процедура может иметь режим, т. е чередовать работу вибростола и заливки материала, учитывая показатели датчика, в целях качества продукции в целях минимизации издержек производства, в виде излишков смеси на поверхности, минимизация

потерь расходных материалов при последующей обработке поверхности изделия.

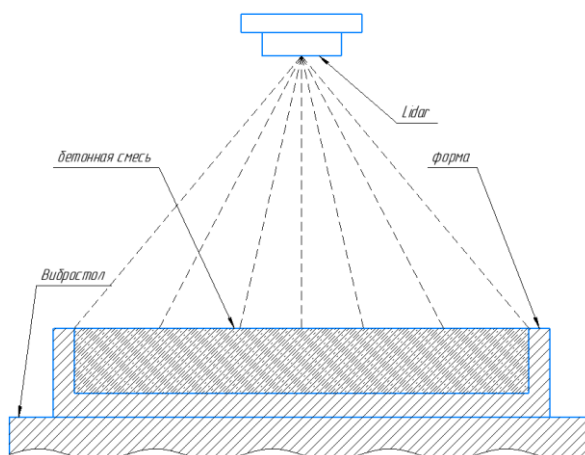


Рисунок 4 – Автоматизированная проверка равномерного заполнения формы бетонной смесью на основе Lidar технологии

На этом этапе тоже есть требования к данным, и в целях безопасности здесь тоже есть программные проверки, из-за которых может быть отправлено сообщение на клиентские компьютер в случае несоответствия с планом. Небольшое количество материала до и после производства используется для изготовления образцов, для последующих испытаний [4].

После того, как прошла формовка, форма с изделием отправляется на склад, где остаётся с другими формами для набора прочности. Формы могут складироваться друг на друга для экономии пространства, а могут складироваться просто рядом. Во втором случае при помощи датчиков лидар можно производить наблюдение за изделиями, например при использовании экспериментальных материалов, следить за их усадкой, и использовать эти данные для дальнейшего моделирования и наладки производства. Расположив все формы по плоскости, можно получать нелинейный доступ к каждому изделию, что помогает экономить место и время в случае брака, и делать разные продукты на одном оборудовании, отправлять на следующие этапы производства многослойные панели, несколько раз возвращая их на склад для набора прочности. Обработка поверхности изделия осуществляется после некоторого набора прочности материала. Для экономии, первичную обработку можно осуществлять во время не полного набора прочности, когда панель уже держит форму, но ещё не пригодна для нагрузок. Этот этап можно осуществлять автоматизировано на станке с ЧПУ. После набора прочности, отсутствует необходимость серьезной обработки изделия, в некоторых

случаях, панель просто шлифуется, обработка изделия с других сторон не требуется, панель отделяется от формы. Затем, она движется на маркировку, где автоматически печатается номер, тип, серия, где проходит проверку на качество, не только автоматизированную, но тут могут уже смотреть и люди. После того, как показатели датчика лидар соответствуют нормам заданным в программе, и живые люди в отделе технического контроля убедились в отсутствии дефектов, провели испытания над образцами смеси из этой партии, на маркировку добавляется надпись «ОТК» и номер соответствующего отдела. В противном случае панель может быть переработана, и её части использованы для дальнейшего производства [5].

Использование данной автоматизированной системы может существенно сократить расходы за счёт малых габаритов, высокой степени автоматизации производства, своевременной сигнализации на случай нештатных ситуаций, позволяет использовать экспериментальные и модифицированные бетонные смеси, без перенастройки всего оборудования.

### Список литературы

1. Иванушкин А.В. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века / А.В. Иванушкин // Анализ основных тенденций развития датчиковой аппаратуры. Основные направления развития технологии создания перспективных датчиков.- М.: Ерь, 2021. - С. 127 - 334.

2. Гордон А.Э. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона /А.Э. Гордон, Л.И. Никулин, А.Ф. Тихонов. - М.: Стройиздат, 2023 - 300 с. – ISBN 5-274003893.

3. Максимова С.М. Автоматика и автоматизация технологических процессов при производстве строительных материалов, изделий и конструкций / С.М. Максимова, Н.В. Дворянинова. – Братск : ГОУ ВПО "БрГУ", 2017. – 181 с.

4. Бушуев С.Д. Автоматика и автоматизация производственных процессов / С.Д.Бушуев, В.С.Михайлов - М.: Высш. шк.,2020. - 256 с.

5. Константопуло Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов / Г.С. Константопуло. – М. : Высш. шк., 2018. - 432 с.

## References

1. Ivanushkin A.V. Construction materials, equipment, technologies of the XXI century / A.V. Ivanushkin // Analysis of the main trends in the development of sensor equipment. The main directions of development of technology for the construction of advanced sensors. - M.: Er, 2021. – pp. 127-334.
2. Gordon A.E. Automation of quality control of concrete and reinforced concrete products / A.E. Gordon, L.I. Nikulin, A.F. Tikhonov. - M.: Stroyiz-dat, 2023 - 300 p. – ISBN 5-274003893.
3. Maksimova S.M. Automation and automation of technological processes in the production of building materials, products and structures / S.M. Maksimova, N.V. Dvoryaninova. – Bratsk : State Educational Institution of Higher Education "BrSU", 2017. - 181 p.
4. Bushuev S.D. Automation and automation of production processes / S.D.Bushuev, V.S.Mikhailov. - M.: Higher school, 2020. - 256 p.
5. Konstantopulo G.S. Mechanical equipment of factories of iron-concrete products and thermal insulation materials / G.S. Konstantopulo. – M. : Higher school, 2018. – 432 p.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ  
АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРОМЫШЛЕННОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE SYSTEM COMPLEX  
AUTOMATION OF A BOILER PLANT OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

**Лаврик А.А., магистрант**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

vgltaapp@mail.ru

**Lavrik A.A., Master's student**

**Gribanov A.A., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В данной статье описывается исследование и разработка системы комплексной автоматизации котельной установки промышленного предприятия с целью повышения эффективности и надежности ее работы.

**Abstract:** This article describes the research and development of a comprehensive automation system for the boiler plant of an industrial enterprise with the aim of increasing its efficiency and reliability.

**Ключевые слова:** автоматизация, котельная установка, промышленное предприятие, система управления, эффективность, надежность.

**Keywords:** automation, boiler plant, industrial enterprise, control system, efficiency, reliability.

Промышленные предприятия играют ключевую роль в снабжении общества энергией, а котельные установки являются важным элементом их инфраструктуры. Однако, эффективное управление и обслуживание котельных

установок требует значительных ресурсов и человеческого вмешательства. В связи с этим возникает необходимость в разработке комплексной системы автоматизации для повышения эффективности и надежности работы котельной.

Для достижения целей исследования был проведен анализ существующих систем управления котельными установками промышленных предприятий.

Существующие системы управления котельными установками на промышленных предприятиях включают в себя ряд компонентов и функций, предназначенных для обеспечения надежной и эффективной работы котлов (рис 1).

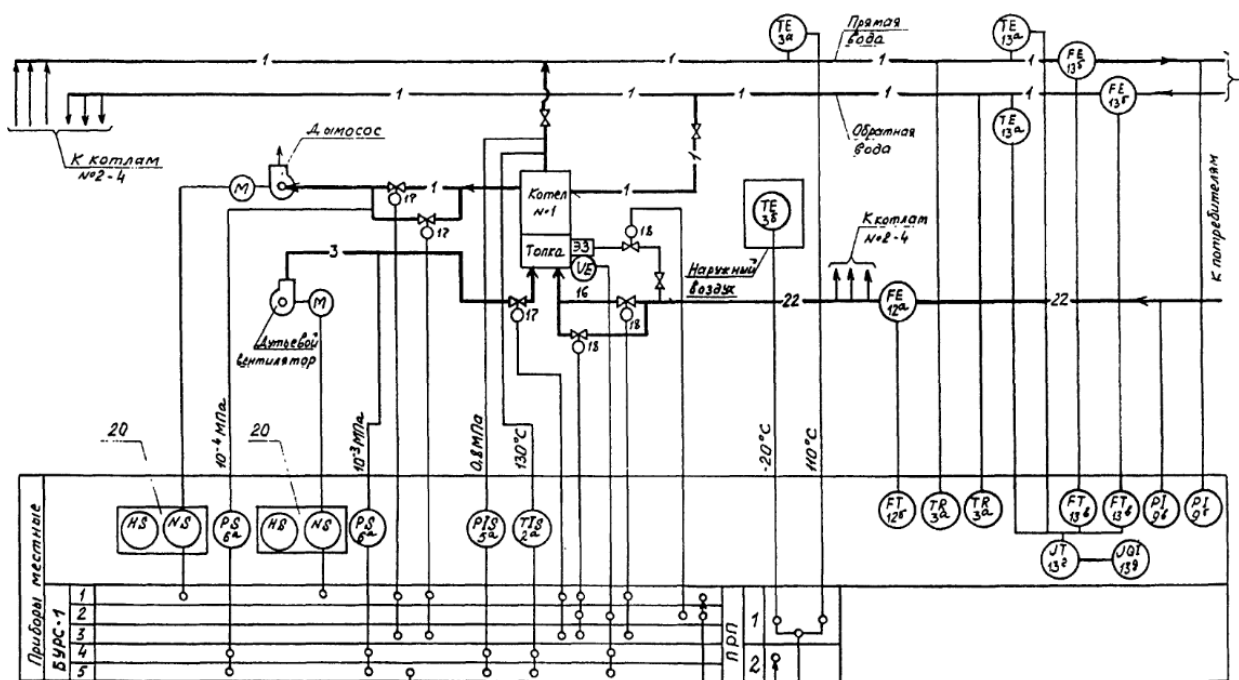


Рисунок 1 – Схема автоматизации котельной установки

Анализ таких систем показал:

1. Современные котельные системы управления оснащены различными датчиками, контроллерами, исполнительными устройствами и системами коммуникации. Датчики измеряют параметры, такие как температура, давление, уровень жидкости и т.д., контроллеры обрабатывают полученные данные, а исполнительные устройства регулируют работу котла в соответствии с установленными параметрами.

2. Системы управления котельными установками включают в себя специализированное программное обеспечение для мониторинга и управления. Это ПО может предоставлять различные функции, такие как визуализация



данных, анализ производственных процессов, оптимизация работы котла, планирование технического обслуживания и т.д.

3. Современные системы управления стремятся к автоматизации максимального числа процессов, связанных с работой котельной установки, что позволяет снизить ручное вмешательство операторов, сократить время реакции на изменения условий и повысить эффективность работы котла.

4. Системы управления котельными установками могут интегрироваться с другими системами предприятия, такими как системы учета энергоресурсов, системы управления производственными процессами и т.д. Это позволяет реализовать более глобальный подход к управлению и оптимизации энергетических процессов на предприятии.

5. Системы управления обычно предоставляют возможности мониторинга и диагностики состояния котельной установки, что дает возможность операторам отслеживать работу оборудования, выявлять возможные проблемы или неисправности и принимать меры по их устранению.

6. Системы управления должны обеспечивать высокий уровень безопасности и надежности работы котельной установки. Они включают в себя защиту от аварийных ситуаций, обеспечение соблюдения нормативных требований безопасности, резервирование и резервные системы управления.

Алгоритм управления котельной установкой представляет собой следующее.

При запуске котельной системы алгоритм проводит самодиагностику оборудования для определения его состояния и готовности к работе. Этот этап также включает инициализацию всех систем управления и подготовку котлов к началу процесса.

Алгоритм непрерывно контролирует параметры работы котельной, такие как температура воды, давление, расход топлива, уровень эмиссий и другие. Эти параметры могут быть установлены в соответствии с требованиями безопасности и экономии энергии.

На основе контроля параметров алгоритм принимает решения о регулировании работы котлов, которое может включать в себя изменение мощности котлов, регулирование расхода топлива, регулирование температуры теплоносителя и другие меры для поддержания оптимальных условий работы.

В зависимости от текущего спроса на тепло и горячую воду, алгоритм управления может регулировать нагрузку на котельную установку, что

позволяет оптимизировать расход топлива и энергии в соответствии с потребностями потребителей.

Алгоритм также предусматривает автоматическую защиту от возможных аварийных ситуаций, таких как перегрев котлов, скачки давления, утечки газов и другие. В случае обнаружения аварийной ситуации алгоритм принимает меры по аварийному отключению оборудования и оповещению операторов. Алгоритм также может предусматривать систему визуализации и мониторинга работы котельной установки, что позволяет операторам наблюдать за процессом работы, отслеживать параметры и принимать оперативные решения при необходимости.

Исследование и разработка системы комплексной автоматизации котельной установки промышленного предприятия представляет собой актуальную задачу, направленную на повышение эффективности и надежности производственных процессов. Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности предприятий различных отраслей промышленности для оптимизации работы котельных установок и снижения затрат на их обслуживание.

### Список литературы

1. Антонов, О. В. Оптимальное управление водогрейной котельной в пусковом режиме работы / О. В. Антонов, Е. Ф. Райкова, С. В. Кузьмин // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ : сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Пенза, 25 января 2023 года. Ч. 1. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. – С. 57-61.
2. Автоматическое управление параметров работы котельной / Р. А. Анненков, А. С. Малюков, А. М. Подколзин, Ю. Н. Некрасов // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS : сборник статей LXI Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 января 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. – С. 54-55.

## References

1. Antonov, O. V. Optimal control of the water-heating boiler house in start-up mode / O. V. Antonov, E. F. Raikova, S. V. Kuzmin // ACTUAL QUESTIONS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION : collection of articles of the XXVI International Scientific and Practical Conference : in 2 parts, Penza, January 25, 2023. Part 1. – Penza : Science and Enlightenment (IP Gulyaev G.Y.), 2023. - P. 57-61.
2. Automatic control of the boiler room operation parameters / R. A. Annenkov, A. S. Malyukov, A. M. Podkolzin, Y. N. Nekrasov // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS : collection of articles of the LXI International Scientific and Practical Conference, Penza, January 30, 2022. - Penza: Science and Enlightenment (IP Gulyaev G.Yu.), 2022. – P. 54-55.

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_66-71

УДК 681.5

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ  
НАСОСНОЙ СТАНЦИИ  
MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PUMPING STATION  
CONTROL PROCESS**

**Лазарев А.С., магистрант**

**Лапшина М.Л., д.т.н., профессор**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina\_lapshina@mail.ru

**Lazarev A.S., undergraduate student**

**Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Работа обосновывает возможность автоматизированного подхода к системам управления насосной станцией, предполагается адаптация построения сопутствующей алгоритмизации и программного обеспечения, разработанных с учетом конфигурации устройств и сетей.

**Abstract:** The work substantiates the possibility of an automated approach to pumping station control systems, it is assumed that the construction of accompanying automation and software developed taking into account the configuration of devices and networks will be adapted.

**Ключевые слова:** оборудование, комплекс, агрегат, конфигурация, сеть, станция

**Keywords:** equipment, complex, unit, configuration, network, station

В условиях интенсивного развития техники и технологических процессов одну из существенных ролей играет автоматизация. В условиях интенсивного развития техники и технологических процессов одну из существенных ролей играет автоматизация. Автоматизированные подходы позволяют осуществить

переход от производственных процессов с сопровождением человека к технологическим и производственным процессам полностью освобожденным от участия человека. Автоматизированная функциональная схема (АФС) представляет собой набор регламентных документов, положенных в основу сопроводительной базовой технической документации конструируемой АФС[1], в этом случае, объектом управления служит сочетание основного и вспомогательного оборудования с интегрированными в него составляющими структурами.

Вся совокупность средств автоматизации применяется для автоматизации технологических процессов, направленная на сокращение времени контроля и управления оборудованием, установкой оптимальных параметров, информировании о действиях обслуживающего персонала, блокировки несанкционированного доступа. К этому набору отнесем полевое оборудование, оборудование среднего и верхнего уровня.

У нас, роль объекта автоматизации, играет система управления насосной станции, базовым ее элементом является водопроводный узел, доставляющий воду городским структурам различного назначения. Подкачка воды ему производится центробежными насосами.

Требуемый напор воды, необходимый для магистрального трубопровода, обеспечивается подкачкой. Точность параметров обеспечивается соответствующим положением задвижек непосредственно на выходе трубопровода либо изменением частоты вращения ротора насоса. Управление расходом воды производится только при постоянном напоре струи [2]. Очевидно, что регулировка расхода воды достигается регулировкой скоростного режима вращения ротора электродвигателя.

Данные по объемам перекачанной воды по магистральным системам, фиксируются датчиками измерения давления. В нашей системе они играют роль отклика, полученная информация передается элементу сравнения, формируя при этом сигнал рассогласования.

По формуле (1) отыщем значение величины скорости вращения ротора:

$$n = \frac{60 \times f_1}{p} \times (1 - s), \quad (1)$$

здесь:  $f_1$  – частота питающего напряжения,

$p$  – количество полюсов,

$s$  – скольжение.

С учетом соотношения (1), отыщем значение величины скорости ротора с использованием частотного подхода решения.

Истинность выбранного типа управления подтверждается результатами проведенного анализа передаточной функции относительно частоты питающего напряжения, для чего отыщем значения передаточных функций каждого звена.

Такую функцию для асинхронного двигателя определим с использованием отношения частоты вращения ротора к частоте питающего напряжения [2]. Рисунок 1 отображает схему управления частотой напряжения статора.

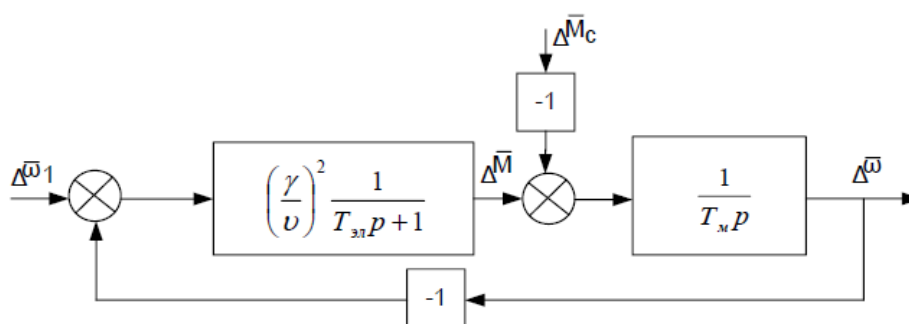


Рисунок 1– Схема представление электродвигателя, регламентирующего частоту питающего напряжения

На основе представленной схемы установим передаточную функцию по управляющему воздействию:

$$W_{ad}(p) = \frac{\gamma^2}{v} \times \frac{1}{(T_3 \times p + 1) \times T_M \times p + \frac{\gamma^2}{v}} = \frac{k_{ad}}{T_3 \times T_M \times p^2 + T_M + 1}, \quad (2)$$

$T_M$  – механическая постоянная времени двигателя,

$T_3$  – электромагнитная постоянная времени двигателя,

$\gamma$  – относительное напряжение статора (к номинальному),

$v$  – относительная частота напряжения статора (к номинальной).

Передаточная функция имеет место для случая, когда потокосцепление статора равно величине постоянной, т.е.  $U_1 / \omega_1 = const$ . Отметим, что на настоящий момент в теоретических исследованиях роль преобразователей частоты играет механизм поддержки постоянного потокосцепления и функция (2) описывает процедуру автоматизации.

По формулам (3) и (4) отыщем параметры ПИ-регулятора системы:

$$k_p = \frac{0,9 \times T_0}{\tau \times k}, \quad (3)$$

$$T_i = 3\tau. \quad (4)$$

Здесь передаточная функцию ПИ-регулятора отыщется из следующего соотношения:

$$W_{ПИ}(p) = 0.011 \times \left(1 + \frac{1}{12,827 \times p + 1}\right).$$

На основе сформированных настроек система получит устойчивый характер. Хотя, в отдельных случаях они совпадают с характером начальных установок при запуске и отладки регулятора [3].

Полученная информация ложится в основу построения схемы управления насосным агрегатом (рисунок 2).

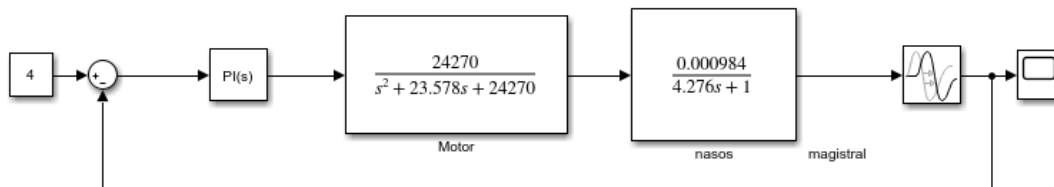


Рисунок 2 – Схематическое представление автоматизированного управления насосными агрегатами

Графическое представление переходного процесса отображает динамические показатели качества переходного процесса системы.

Воспользуемся известным методом Марчетти для уже записанной передаточной функции. Это весьма справедливый подход для вычисления числовых параметров ПИ – регулятора системы с передаточной функцией вида:

$$G_m(s) = \frac{K_m \times e^{-s\tau}}{1 + a_1s + a_2s^2 + a_3s^3}.$$

С учетом сформулированной переходной характеристики были получены качественные показатели процесса, позволяющие сделать вывод об оптимального выбранного подхода.

Определение значений регулятора методом авто-настройки (autotune) с использованием пакета прикладных программ MATLAB реализовано с использованием блока ПИД регулятора (PID Controller) [4]. Использование

полученных параметров ПИ-регулятора дало возможность получить переходную характеристику, представленную на рисунке 3.

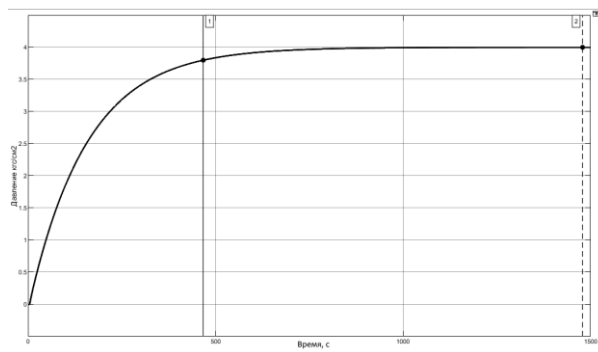


Рисунок 3 – Переходная характеристика системы с параметрами ПИ-регулятора, рассчитанных авто-настройкой

Представленные геометрические интерпретации переходного процесса позволило установить, что подтверждают качественные результаты нашего моделирования, т.к. процент перерегулировки равен 0, также полученные результаты говорят о целесообразности использования метода авто-настройки, а также наиболее короткий временной интервал переходного процесса найден, также, с метода авто-настройки.

### Список литературы

1. Бунеев В.А. Система автоматического управления электронасосом водопроводного узла / В.А. Бунеев, Р.В. Федюн // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: электротехника и энергетика – 2008 № 8 (140) с. 187 – 190.
2. Гликман Б. Ф. Математические модели пневмогидравлических систем / Б. Ф. Гликман. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. - 1986. – 368 с
3. Сазонов Г. Г. Основы автоматического управления: учебное пособие / Г. Г. Сазонов – М.: ТНТ - 2018. – 235 с.
4. Сажин С. Г. Средства автоматического контроля технологических параметров: учебник / С. Г. Сажин. — Санкт-Петербург: Лань - 2022. – 337 с.



## References

1. Buneev V.A. Automatic control system of an electric pump of a water supply unit / V.A. Buneev, R.V. Fedyun // Scientific works of the Donets National Technical University. Series: electrical engineering and Power engineering – 2008 No. 8 (140) pp. 187-190.
2. Glickman B. F. Mathematical models of pneumohydraulic systems/ B. F. Glickman. – M.: Nauka. Chief of the Editorial Board of Physics and Mathematics, - 1986. – 368 p.
3. Sazonov G. G. Fundamentals of automatic control: a textbook / G. G. Sazonov – M.: TNT, - 2018. – 235 p.
4. Sazhin S. G. Means of automatic control of technological parameters: textbook / S. G. Sazhin. — St. Petersburg: Lan, - 2022. – 337 p.

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_72-76

УДК 621.867.2:658.512.2

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ  
С ПОМОЩЬЮ МАЯТНИКОВЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ  
AUTOMATION OF TRANSPORTATION OF BULK CARGO  
USING PENDULUM CONVEYORS**

**Мустафаев Э.Н., студент**

**Щербакова И.В., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

shcherbakovaiv@vglta.vrn.ru

**Mustafayev E.N., student**

**Shcherbakova I.V., Ph.D., Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе рассматривается возможность использования средств автоматизации для транспортировки сыпучих продуктов с помощью ковшевых маятниковых транспортеров, с учетом модульной реализации установки, позволяющей в любое время перестроить и адаптировать процесс для требуемых целей использования.

**Abstract:** The work examines the possibility of using automation equipment for transporting bulk products using bucket pendulum conveyors, taking into account the modular implementation of the installation, which allows you to rebuild and adapt the process at any time for the required purposes of use.

**Ключевые слова:** автоматизация, линия, транспортировка, контроллер, структура

**Keywords:** automation, line, transportation, controller, structure

Грузопотоки с большими объемами транспортировки до 1,5 млн. т в год на практике подтвердили эффективность использования конвейерных линий, производящих транспортировку объектов размером до 300 мм. Непрерывность процесса обеспечивает высокий уровень спроса на конвейерные линии [1]. Анализ тенденций развития конвейерного оборудования, показал приоритетность следующих направлений:

- увеличение производственных мощностей конвейерных линий;
- увеличение длины конвейеров;
- расширение ассортимента и увеличение параметров насыпных грузов;
- повышение долговечности оборудования и сокращение износостойкости.

Модернизация конвейерного оборудования производится у нас в стране на базе разработок как отечественных, так и зарубежных авторов.

Следует отметить, что наиболее сильно развивающееся направление в области изготовления конвейерных, это расширение ассортимента и производство индивидуальных конвейеров.

В своем большинстве технологические операции реализуются при достаточно высоком уровне шума и носят трудоемкий характер. Внедрение в технологии средств автоматизации существенно минимизирует участие человека, тем самым улучшая условия производства, способствуя высоким показателям выпуска продукции [2].

Использование средств автоматизации на конвейерах уменьшает объемы ручного труда при транспортировке, при этом обеспечивается:

- высокий уровень производства, основанного на инновационных подходах, дающих возможность говорить о высокоскоростных конвейерных лентах;
- перемещение груза на большую высоту;
- возможность перемещения груза различного ассортимента.

Шкаф управления служит основным блоком системы автоматизации управления линии транспортировки, в нем и расположен программируемый логический контроллер, отвечающий за руководством технологическим процессом и обработку информации, поступающей с датчиков обратной связи [3, 4]. Датчик уровня загрузки бункера используется, когда конвейерная цепь перемещает ковши посредством электрического двигателя.

Автоматизированная система управления качественное функционирование низкого и среднего уровней сложности гарантируется использованием ПЛК SIMATIC S7-300 [5].

После того, как прошла формовка, форма с изделием отправляется на склад, где остаётся с другими формами для набора прочности. Формы могут складироваться друг на друга для экономии пространства, а могут складироваться просто рядом. Во втором случае при помощи датчиков можно производить наблюдение за изделиями, например при использовании экспериментальных материалов, следить за их усадкой, и использовать эти данные для дальнейшего моделирования и наладки производства [6]. Расположив все формы по плоскости, можно получать нелинейный доступ к каждому изделию, что помогает экономить место и время в случае брака, и делать разные продукты на одном оборудовании, отправлять на следующие этапы производства многослойные панели, несколько раз возвращая их на склад для набора прочности. Обработка поверхности изделия осуществляется после некоторого набора прочности материала. Для экономии, первичную обработку можно осуществлять во время не полного набора прочности, когда панель уже держит форму, но ещё не пригодна для нагрузок. Этот этап можно осуществлять автоматизировано на станке с ЧПУ. После набора прочности, отсутствует необходимость серьёзной обработки изделия, в некоторых случаях, панель просто шлифуется, обработка изделия с других сторон не требуется, панель отделяется от формы. Затем, она движется на маркировку, где автоматически печатается номер, тип, серия, где проходит проверку на качество, не только автоматизированную, но тут могут уже смотреть и люди. Модули вывода дискретных сигналов преобразовывают внутренние логические сигналы контроллера в его выходные дискретные сигналы. Модули могут управлять задвижками, магнитными пускателями, сигнальными лампами и т.д.

Принципиальная схема изображена на рис. 1.

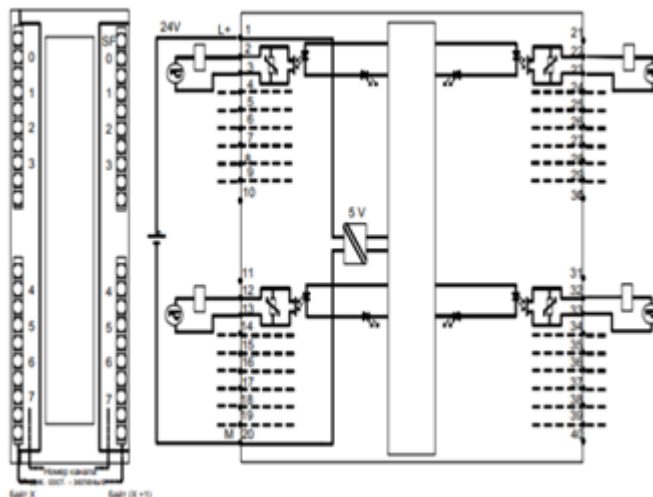


Рисунок 1 – Принципиальная схема

После того, как показатели датчика соответствуют нормам заданным в программе, и живые люди в отделе технического контроля убедились в отсутствии дефектов, провели испытания над образцами смеси из этой партии, на маркировку добавляется надпись «ОТК» и номер соответствующего отдела. В противном случае панель может быть переработана, и её части использованы для дальнейшего производства.

Благодаря автоматизации линии транспортировки происходит повышение качества производственного процесса посредством перехода на полную автоматизацию линии, новая линия менее габаритна, а также она позволяет существенно уменьшить уровень шума [7]. Предложенное конструкторско-технологические решение автоматизирования транспортировки способствует увеличению производительности оборудования, предоставило возможность работы конвейерной линии в автоматическом режиме, существенно уменьшило численность персонала, гарантировало возможность транспортировки продукции в сохранном виде, что позитивно отражается на качестве конечной продукции.

### Список литературы

1. Меньков А.В. Теоретические основы автоматизации управления / А.В. Меньков – М: Издательство Оникс, 2015. – 640 с. – ISBN 5-488-00129-8.
2. Гульперин М.В. Автоматическое управление / М.В. Гульперин – М. : ИНФРА-М, 2017. – 224 с. – ISBN 978-5-16-016930-9.

3. Белов В.С. Классификация станочных систем обобщение оценка их технических характеристик / В.С. Белов, Л.Ю. Лещинский, В.Н. Коваль. – М. : ЭНИМС, 1983. – 400с.
4. Ильичев А.С. Разработка комплексного критерия качества для выбора преобразователя частоты / А.С. Ильичев, А.И. Надев, А.С. Решетов // Сборник тезисов докладов. – М. : Электротехника, 2018. – №8.
5. Лукьянов В.И. Оборудование литейных цехов / К.В. Шаров. – Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2022. – 421 с.
6. Кацман М.Н. Электрические машины / М.Н. Кацман. – 3-е изд., испр. – М. : Академия, 2021. – 463с., ил.
7. Москаленко В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко. – Москва : Высшая школа, 2021. – 430 с.

### References

1. Menkov A.V. Theoretical foundations of control automation / A.V. Menkov – M: Onyx Publishing House, 2015. – 640 s.
2. Gulperin M.V. Automatic control / M.V. Gulperin – M: INFRA-M, 2017. – 224 s.
3. Belov V.S. Classification of machine tool systems generalization evaluation of their technical characteristics / V.S. Belov, L.Yu. Leshchinsky, V.N. Koval - M.: ENIMS, 1983. – 400 s.
4. Ilyichev A.S. Development of a comprehensive quality criterion for choosing a frequency converter / A.S. Ilyichev, A.I. Nadev, A.S. Reshetov // Collection of abstracts - M.: Electrical engineering, 2018. - № 8.
5. Lukyanov V.I. Equipment of foundries / K.V. Sharov. – P.: Perm National Research Polytechnic University - 2022. – 421 p.
6. Katsman M.N. Electric machines / M.N. Katsman – 3rd ed., ispr. - M.: Academy, 2021. – 463 s., ill.
7. Moskalenko V.V. Electric drive / V.V. Moskalenko – M.: Higher School, 2021. – 430 s.

**СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЛИЧНОСТИ**

**CONTROL AND ACCESS MANAGEMENT SYSTEM  
USING BIOMETRIC PERSONAL CHARACTERISTICS**

**Плотников А.О.**, студент

**Стариков А.В.**, д.т.н., доц.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

star123@yandex.ru

**Plotnikov A.O.**, student

**Starikov A.V.**, DSc (Engineering), Associate Professor

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные понятия и возможности системы контроля и управления доступом, особенности автоматизации процесса идентификации личности с использованием биометрических характеристик.

**Abstract:** The article discusses the basic concepts and capabilities of the access control and management system, the features of automating the process of personal identification using biometric characteristics.

**Ключевые слова:** контроль и управление доступом, система контроля и управления доступом (СКУД), биометрические характеристики личности, автоматизация.

**Keywords:** control and access management, access control and management system (ACMS), biometric personal characteristics, automation.

Система контроля и управления доступом (СКУД) представляет собой совокупность программно-технических и организационно-методических

средств, с помощью которых осуществляется контроль и управление доступом на охраняемый объект (предприятие, организацию и др.), а также оперативный контроль за передвижением персонала и временем его нахождения на объекте.

СКУД предназначена для обеспечения установленного контрольно-пропускного режима и ограничивает (предотвращает) несанкционированный доступ лиц, не имеющих соответствующих прав, на контролируемый объект или к определенной аппаратуре, техническим средствам и предметам. СКУД также может осуществлять контроль перемещения людей и транспорта по территории объекта, обеспечивать безопасность персонала и посетителей, а также способствовать сохранности материальных и информационных ресурсов [1].

Установление подлинности и определение полномочий субъекта при его допуске на охраняемый объект выполняется в ходе идентификации субъекта. Процедура идентификации заключается в присвоении (выдаче) субъекту уникального идентификатора (идентификационного признака) для последующего сравнения его с имеющимся перечнем присвоенных идентификаторов. Каждый идентификатор характеризуется определенным уникальным двоичным кодом. В СКУД каждому коду ставится в соответствие информация о правах и привилегиях владельца идентификатора [2].

В ГОСТ Р 51241-2008 «Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний» определены следующие виды идентификаторов, которые могут быть применены в СКУД:

- механические идентификаторы, использующие элементы конструкции идентификаторов (перфорационные отверстия, элементы механических ключей и т.д.);
- магнитные идентификаторы, использующие намагниченные участки поверхности или магнитные элементы идентификатора (карты с магнитной полосой, карты Виганда и т.д.);
- оптические идентификаторы, использующие нанесенные на поверхность или внутрь идентификатора метки, имеющие различные оптические характеристики в отраженном или проходящем оптическом излучении (карты со штриховым кодом, топографические метки и т.д.);



- электронные контактные идентификаторы, использующие электронный код, записанный в электронной схеме идентификатора (дистанционные карты, электронные ключи и т.д.);
- акустические идентификаторы, использующие кодированный акустический сигнал;
- биометрические идентификаторы, использующие индивидуальные физические признаки человека (отпечатки пальцев, рисунок сетчатки глаза, динамика подписи и т.д.);
- комбинированные идентификаторы, использующие одновременно несколько идентификационных признаков.

На рис.1 представлены некоторые из перечисленных выше видов вещественных идентификаторов[3].



Идентификатор с перфорацией



Идентификатор со встроенными пассивными радиоэлементами



Идентификатор с линейным штриховым кодированием



Идентификатор с двумерным штриховым кодированием



Идентификационная карта с магнитным кодированием



Идентификационная карта Виганда



Бесконтактные идентификаторы RFID



Электронные ключи (Touch Memory)

Рис. 1. Некоторые распространенные виды идентификаторов

Идентификация непосредственно связана с аутентификацией. Процедура аутентификации заключается в установлении подлинности предъявляемого субъектом идентификатора, что позволяет проверить, является ли идентифицирующийся субъект тем, за кого себя выдает. Аутентификация, в отличие от идентификации, подразумевает установление подлинности субъекта на основе сообщаемых им сведений о себе. Такие сведения называют аутентификаторами.

В зависимости от того, что предъявляется личностью в качестве аутентификатора, все существующие способы аутентификации личности можно разделить на следующие три классификационные группы:

- *по знанию*, основанные на наличии некоторой секретной информации, которую знает только аутентифицирующая себя личность, например, пароль, персональный идентификационный номер (ПИН), шифр замка, алгоритм, ответы на вопросы и т.п.;
- *по владению*, основанные на наличии некоторых физических предметов, которые могут быть предъявлены аутентифицирующей себя личностью, например, паспорт, пропуск, смарт-карта, токен (жетон) и т.п.;
- *по биометрии*, основанные на уникальных анатомических (статических) или поведенческих (динамических) отличительных характеристиках, которыми обладает аутентифицирующая себя личность, например, папиллярный рисунок пальцев рук (отпечатки пальцев), геометрия кисти руки, голос, почерк и т.п.

Способы аутентификации, представленные в каждой классификационной группе, имеют как преимущества, так и недостатки. Однако, биометрические системы аутентификации (БСА) по сравнению со средствами аутентификации «по знанию» и «по владению» имеют ряд преимуществ [4]:

- биометрические признаки трудно фальсифицировать;
- уникальность биометрических признаков обеспечивает высокую достоверность аутентификации;
- биометрические идентификаторы не могут быть забыты, потеряны или похищены, поскольку они являются неотъемлемой частью личности;
- использование в процедурах идентификации-аутентификации большинства биометрических идентификаторов удобно и комфортно для человека;

- использование ряда биометрических идентификаторов (геометрия лица, геометрия кистей рук) позволяет проводить быструю и надежную идентификацию больших потоков людей.

В любых системах аутентификации, включая и биометрические, представлены следующие два этапа использования:

- регистрация образа личности;
- аутентификация личности.

На первом этапе в системе выполняется регистрация всех личностей, подлежащих идентификации. Процедура регистрации производится путем первичных измерений биометрических характеристик личности, соответствующих типу БСА. Как правило, эти измерения выполняются несколько раз с последующим усреднением получаемых результатов. Затем из массива полученных результатов извлекается ограниченное число наиболее значимых свойств и на их основе формируется биометрический эталон – компактная машинная репрезентация биометрического образа личности. Биометрические эталоны личностей заносятся в специальную биометрическую базу данных (ББД) системы.

В начале этапа биометрической аутентификации также, как и на этапе регистрации, осуществляется измерение биометрических характеристик личности с целью формирования машинной репрезентации биометрического образа. Затем полученная машинная репрезентация биометрического образа сопоставляется с биометрическими эталонами, хранящимися в ББД системы.

Следовательно, любая БСА может быть представлена как система распознавания образов. Типовая структура БСА показана на рис. 2.

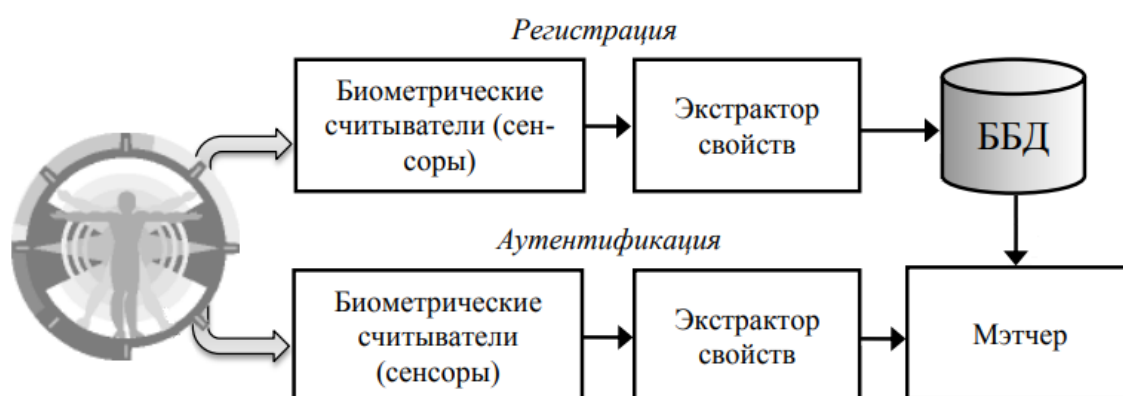


Рис. 2. Типовая структура БСА

БСА включает в себя следующие основные функциональные блоки [4]:

- Биометрические считыватели (сенсоры), осуществляющие измерение предъявляемых личностью биометрических данных соответствующей модальности.
- Экстрактор свойств, извлекающий значимые биометрические параметры из поступающих биометрических данных и формирующий их на основе машинную репрезентацию биометрического образа личности (биометрический эталон личности).
- Биометрическая база данных (ББД), хранящая биометрические эталоны всех зарегистрированных в системе личностей.
- Устройство сопоставления (мэтчер), осуществляющий сопоставление машинной репрезентации предъявленного биометрического образа личности с биометрическими эталонами, хранящимися в ББД.

Работа БСА осуществляется в двух режимах: регистрации и идентификации-аутентификации личности. Режим регистрации используется для создания биометрических эталонов личности всех пользователей системы. В этом режиме выполняется нормирование биометрических характеристик, представленных пользователем, затем с помощью экстрактора свойств извлекается значимая биометрическая информация, которая представляется в виде компактной машинной репрезентации, выполняющей роль биометрического эталона личности. При помощи некоторого дополнительного идентификационного параметра (учетного номера, логина, ПИН, пароля и т.п.) сформированный биометрический эталон связывается в единый массив с другими эталонами, хранящимися в ББД.

Режим идентификации-аутентификации является основным режимом БСА, котором осуществляется идентификация-аутентификация личности пользователя, предъявившего свои биометрические данные. В зависимости от используемого приложения в этом режиме БСА решаются следующие задачи: биометрическая верификация и биометрическая идентификация.

С позиции теории распознавания образов, задача биометрической верификации соответствует задаче классификации входных образов на два класса: «свой» и «чужой», т.е. сопоставление осуществляется по принципу 1:1. Задача биометрической идентификации соответствует задаче классификации входных образов на  $(m+1)$  классов, где  $m$  – число зарегистрированных в БСА пользователей («своих»), плюс один класс, включающий всех остальных, не зарегистрированных в БСА пользователей («чужих»), т.е. сопоставление осуществляется по принципу 1: $m$ .

**Биометрическая верификация** – это процедура аутентификации личности пользователя, предъявившего БСА свои биометрические параметры и некоторый дополнительный, не биометрический идентификатор (логин, ПИН, пароль и т.п.). По этому идентификатору, выступающему в качестве адреса, БСА извлекает из ББД соответствующий биометрический эталон и сравнивает его с машинной репрезентацией предъявленного биометрического образа. Совпадение свидетельствует о том, что личность является той, за которую себя выдает.

БСА, реализующая режим биометрической верификации, может быть построена на основе как централизованной, так и распределенной ББД. В первом случае аутентифицирующийся субъект предъявляет свои биометрические характеристики, считываемые биометрическими сенсорами, на основе которых экстрактор формирует машинную репрезентацию в формате биометрических эталонов, хранящихся в централизованной ББД. Помимо биометрических характеристик субъект предъявляет также некоторый дополнительный идентификатор (логин, пароль, ПИН и т.п.), что позволяет БСА найти в ББД биометрический эталон, соответствующий данному субъекту. Далее мэтчер осуществляет сопоставление машинной репрезентации биометрических характеристик субъекта с биометрическим эталоном, извлеченным из ББД. В результате такого сопоставления получают ответ на вопрос – является ли данный субъект той личностью, за которую себя выдает. Следует отметить, что централизованные ББД в основном применяются в БСА, предназначенных для контроля логического доступа.

Во втором случае ББД представляет собой совокупность распределенных среди легальных субъектов персональных съемных носителей (смарт-карт, токенов и т.п.), содержащих биометрические характеристики своих владельцев. Субъект предъявляет БСА свои биометрические характеристики и съемный носитель, на котором записан его персональный биометрический эталон. Для инициирования транзакции требуется еще и дополнительный идентификатор, в качестве которого обычно используется ПИН. Мэтчер сопоставляет машинную репрезентацию биометрических характеристик, предъявленных субъектом, с его биометрическим эталоном, считанным с носителя. В результате сопоставления получают ответ на вопрос – является ли данный субъект той личностью, за которую себя выдает. При этом обмен информацией между БСА и съемным носителем, содержащим эталон, осуществляется по безопасному протоколу.

Распределенные ББД получили преимущественное распространение в БСА, предназначенных для контроля физического доступа в помещения и на территории охраняемых объектов. Во многих БСА применяются ББД обоих типов. При этом распределенная ББД используется для ежедневной офлайн-верификации субъекта, а централизованная ББД – для онлайн-верификации или для перевыпуска съемных носителей, в случае их утраты, без повторного снятия биометрических характеристик субъекта.

**Биометрическая идентификация** – это процедура аутентификации личности пользователя исключительно на основе предъявленных им биометрических параметров. В этом случае БСА поочередно сравнивает машинную репрезентацию предъявленного биометрического образа с биометрическими эталонами всех зарегистрированных в БСА пользователей. Результатом сравнения является получение ответа на вопрос – зарегистрирован данный пользователь в БСА или нет.

В режиме биометрической идентификации субъект предъявляет свои биометрические характеристики, которые считываются с помощью биометрических сенсоров, экстрактор свойств формирует из них машинную репрезентацию в формате биометрических эталонов, хранящихся в ББД. Мэтчер инициирует процедуру поочередного сопоставления предъявленной машинной репрезентации с каждым биометрическим эталоном ББД. Результатом этой является список идентификаторов, имеющих наибольшую степень сходства с предъявленной репрезентацией. Возможен также отрицательный ответ, свидетельствующий об отсутствии в ББД идентификаторов, обладающих достаточным сходством с предъявленным идентификатором.

Существуют следующие два варианта реализации режима биометрической идентификации:

- Положительная идентификация, при которой БСА определяет, зарегистрирован ли данный субъект в ББД. При этом могут быть допущены ошибки ложного отказа доступа и ложного доступа.
- Отрицательная идентификация, при которой БСА проверяет факт отсутствия образа субъекта в ББД. При этом могут быть допущены ошибки ложного признания и ложного отрицания.

Процедура биометрической аутентификации всегда регламентируется аутентификационными протоколами, определяющими последовательность шагов по решению задачи идентификации-аутентификации в БСА.

**Аутентификационный протокол** – это (автоматизированный) процесс принятия решения, действительно ли удостоверяющие данные субъекта являются достаточными для подтверждения его личности, чтобы разрешить ему доступ на основе этих удостоверяющих данных или других признаков.

Любой аутентификационный протокол, использующий различные методы (и разные биометрические идентификаторы), может быть определен и выполнен на основе представленных удостоверяющих данных [5].

Использование технологии систем контроля и управления доступом по биометрии (БиоСКУД) становится все более популярным как в государственных структурах, так и в коммерческих организациях (офисных центрах, промышленных и торговых предприятиях, фитнес-клубах и др.).

Одним из основных преимуществ технологии БиоСКУД является ее надежность, поскольку биометрические данные являются уникальными для каждого человека и их невозможно потерять (в отличие от карт доступа или паролей, которые могут быть похищены, подделаны или подобраны). Автоматическая работа БиоСКУД позволяет исключить риски несанкционированного пропуса некоторого лица сотрудниками охраны. Кроме того, БиоСКУД позволяет существенно сократить время на проход (например, человеку не нужно искать карту или вводить пароль доступа, а достаточно лишь взглянуть в камеру для распознавания лица) [6].

В настоящее время применение БиоСКУД регламентируется Федеральным законом от 29.12.2022 №572-ФС «Об осуществлении идентификации и (или) аутентификации физических лиц с использованием биометрических персональных данных, о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». В качестве государственной цифровой платформы, позволяющей подтвердить личность человека по его биометрическим характеристикам, выступает Единая биометрическая система (ЕБС). Функции оператора ЕБС возложены на Центр Биометрических Технологий (АО «ЦБТ»).

### **Список литературы**

1. Козлов, А. Е. Система контроля и управления доступом на предприятие: понятие, характеристика и основные требования / А. Е. Козлов //

Вестник Воронежского государственного технического университета. Т. 15. №1. 2019. – С. 42- 47.

2. Ворона, В. А. Системы контроля и управления доступом / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. –М. : Горячая линия-Телеком, 2010. –272 с. – ISBN 978-5-9912-0059-2.

3. Михайлов А. Комплексный подход при идентификации личности / А. Михайлов, А. Колосков, Ю. Дронов // Системы безопасности. 2015.№4. – С. 62-71.

4. Брюхомицкий, Ю. А. Биометрические технологии идентификации личности : учебное пособие / Ю. А. Брюхомицкий; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2017. – 263 с. – ISBN 978-5-9275-2454-9.

5. Соколов, Д. В. Понятие «Биометрия». Биометрические аутентификационные протоколы / Д. В. Соколов // Безопасность информационных технологий. 2012. №3.– С. 70-74.

6. Чеботарев П. БиоСКУД: перезагрузка и новые требования / П. Чеботарев // Системы безопасности. 2023. №6.

### References

1. Kozlov, A. E. Access control and management system for the enterprise: concept, characteristics and basic requirements / A. E. Kozlov // Vestnik of Voronezh State Technical University. Т. 15. No. 1. 2019. - pp. 42-47.

2. Vorona, V. A. Systems of access control and management / V. A. Vorona, V. A. Tikhonov. -M. : Hotline-Telecom, 2010. -272 p. - ISBN 978-5-9912-0059-2.

3. Mikhailov, A. A complex approach to personal identification / A. Mikhailov, A. Koloskov, Y. Dronov // Security Systems. 2015.№4. - pp. 62-71.

4. Bryukhomitskiy, Y. A. Biometric technologies of personal identification: textbook / Y. A. Bryukhomitskiy; Southern Federal University. - Rostov-on-Don; Taganrog: Izd-vo YFU, 2017. - 263 p. - ISBN 978-5-9275-2454-9.

5. Sokolov, D. V. The concept of "Biometrics". Biometric authentication protocols / D. V. Sokolov // Security of information technologies. 2012. No. 3.- pp. 70-74.

6. Chebotarev P. Biosecurity: reboot and new requirements / P. Chebotarev // Security Systems. 2023. No. 6.



**АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕСОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ  
КОМПОНЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ  
AUTOMATION OF CONTINUOUS WEIGHT DOSING OF BUILDING  
MIX COMPONENTS**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию проблемы точности весового непрерывного дозирования сыпучих материалов при производстве строительных смесей и созданию автоматизированной системы управления процессом весового дозирования

**Abstract:** The article is devoted to the study of the problem of accuracy of continuous weight dosing of bulk materials in the production of building mixes and the creation of an automated control system for the process of weight dosing

**Ключевые слова:** весовое дозирование, точность, автоматизированная система, управление, бетонные смеси, структурная схема

**Keywords:** weight dosing, precision, automated system, control, concrete mixtures, block diagram

Трудно переоценить важность для народного хозяйства производство бетонных смесей заданных прочностных и реологических характеристик.

Производство бетонных смесей высокого качества при непрерывном дозировании исходных компонентов является приоритетной задачей по созданию передвижных бетоносмесительных установок для нужд строительной отрасли.

Организация структуры управления дозированием-смешиванием, выбор необходимых и достаточных средств автоматизации, разработка методов и алгоритмов управления позволят достичь заданной точности весового дозирования.

В статье исследуется проблема создания автоматизированной системы управления непрерывным весовым дозированием компонентов смесей, отличающейся выбором современного комплекса высоконадежных технических средств для обеспечения требуемой точности весового дозирования материалов.

Комплекс технических средств содержит современную типовую аппаратуру для организации АСУТП прямого цифрового управления весовым дозированием: промышленный компьютер, контроллер, модули релейной коммутации, преобразователи частоты, контакторы. Причем вопросы автоматического управления непрерывным весовым дозированием и смешиванием компонентов при производстве смесей являются ключевыми.

Работа посвящена исследованию повышения точности весового дозирования составляющих строительных смесей и созданию системы управления непрерывным взвешиванием на основе весовых непрерывных дозаторов КЛИМ-ВД серийно выпускаемых промышленностью [1, 2, 3].

Как и для дозаторов дискретного действия, та же погрешность дозирования должна обеспечиваться и для непрерывного весового автоматического дозирования материалов весовым оборудованием непрерывного действия в составе БСУ. Для автоматизации заводов непрерывного действия и бетоносмесительных установок предназначены дозаторы непрерывного принципа действия, для которых создано несколько типов таких дозаторов для производства бетонных смесей производительностью до 240 м<sup>3</sup>/ч.

Для весового автоматического непрерывного взвешивания сыпучих материалов в производстве бетонных смесей предлагается использовать дозаторы КЛИМ-ВД, которые включены в реестр экспертизы по промышленной безопасности в строительстве ФЭТАН №56-ТУ-00634-2015. Кроме того, дозаторы имеют сертификат соответствия по обеспечению требованиям промышленной безопасности. Указанные дозаторы под номером 67957-17 зафиксированы в Государственном Реестре средств измерений РФ, сертифицированы Росстандартом Российской Федерации и соответствуют ГОСТ 30124-94.

Непрерывные весовые дозаторы для дозирования сыпучих материалов, могут быть использованы в технологических цепочках предприятий стройиндустрии, в частности при производстве бетонных и строительных смесей, и обеспечивают в режиме непрерывного дозирования заявленную точность весового дозирования при сохранении заданных значений производительности.

Функции, выполняемые дозаторами непрерывного действия, заключаются в обеспечении суммарного значения массы проходящей через дозатор сыпучего материала за требуемый интервал времени; измерении для дозируемого сыпучего материала – цемента, песка, щебня, гравия, керамзита линейной плотности и производительности дозатора; возможности дозирования материалов в автоматических системах управления технологическими процессами как в групповом режиме, так и в автономном.

Запитанный от трехфазного частотного преобразователя, мотор-редуктор дозатора изменяет число оборотов и, тем самым, регулирует скорость движения ленты конвейера дозатора. Система управления обеспечивает заданный расход сыпучего материала. То есть системой управления реализуется отрицательная обратная связь по производительности за счет сравнения заданного значения массового расхода с фактическим значением расхода дозируемого материала. В результате скорость движения конвейерной ленты изменяется в сторону уменьшения рассогласования или ошибки регулирования. Система управления также обеспечивает измерение технологических параметров, таких как скорость движения ленты и весовые нагрузки на ленту дозатора. По необходимости промышленность выпускает весоизмерительные дозаторы с удлиненным конвейером, а также впускные и выпускные воронки под тип дозируемого материала.

Изменение конфигурации непрерывного дозатора, его входных частей, устройств выгрузки, защитных корпусов также возможно с целью наилучшей адаптации и встраивания в остальное технологическое оборудование производственной цепочки по выпуску бетонных смесей.

В состав автоматического дозатора КЛИМ-ВД конвейерного весового непрерывного принципа действия входит частотно-регулируемый асинхронный электропривод питателя, тензометрический весоизмерительный терминал «Ньютон-25», шкаф с системой управления и измерения, конвейер-весоизмеритель в качестве грузоприемного органа, частотный привод конвейера с мотор-редуктором. Впускная воронка, как входная загрузочная

часть дозатора, обеспечивается заслонкой и задвижкой с возможностью регулирования поступающего сыпучего материала.

Возможности дозирующего весоизмерительного оборудования меняются от требований принятого на производстве технологического регламента непрерывного дозирования и смешивания компонентов по выпуску бетонных смесей и в зависимости от требований заказчика.

Производители конвейерных дозаторов предлагают различные конструктивные решения по размещению и монтажу дозатора внутри дозаторного отделения производственного помещения цеха БСУ. Дозатор может быть зафиксирован монтажными изделиями и конструкциями, как к полу, так и к потолку. Также может дозатор конвейерный может быть установлен на колеса роликовые [4, 5].

В Российской Федерации часто применяются бетоносмесительные установки непрерывного принципа действия для приготовления бетонных смесей для объектов дорожного строительства. Система автоматизации бетоносмесительных установок с дозаторами непрерывного действия показана на рис. 1.

Автоматизированная система управления дозированием компонентов бетонной смеси АСУ ДБС-2 была внедрена в бетоносмесительном цехе АО «Завод железобетонных изделий №2». Автоматизированная система позволила существующий способ ручного визуального набора веса компонентов по показаниям дистанционных циферблатных указателей заменить автоматическим набором.

АСУ ДБС-2 на базе отечественного контроллера «Нейрон» позволяла:

- выдавать командные сигналы на набор веса, а также разгрузку грузоприемных бункеров дозаторов;
- варьировать упреждением веса в зависимости от физико-механического состояния дозируемого материала;
- изменять исходный состав бетонной смеси;
- осуществлять выбор из предложенного меню марки смеси.

На мониторе контроллера имелась служебная информация о выполнении процесса дозирования и о текущем состоянии весового технологического оборудования:

- устанавливать величину упреждения веса дозы;
- осуществлять выбор и настройку необходимого режима дозирования;
- варьировать размерностью шкалы дозатора;

- варьировать временным интервалом процесса досыпки материала (точное дозирование);
- выводить заданный и фактически отмеренный вес дозы материала;
- контролировать заполнение конкретным материалом грузоприемных бункеров дозаторов;
- отслеживать неполадки и возникающие аварийные ситуации в работе технологического весового оборудования и системы автоматизации БСУ;
- обнулять показания весоизмерительного оборудования перед началом следующего цикла дозирования.

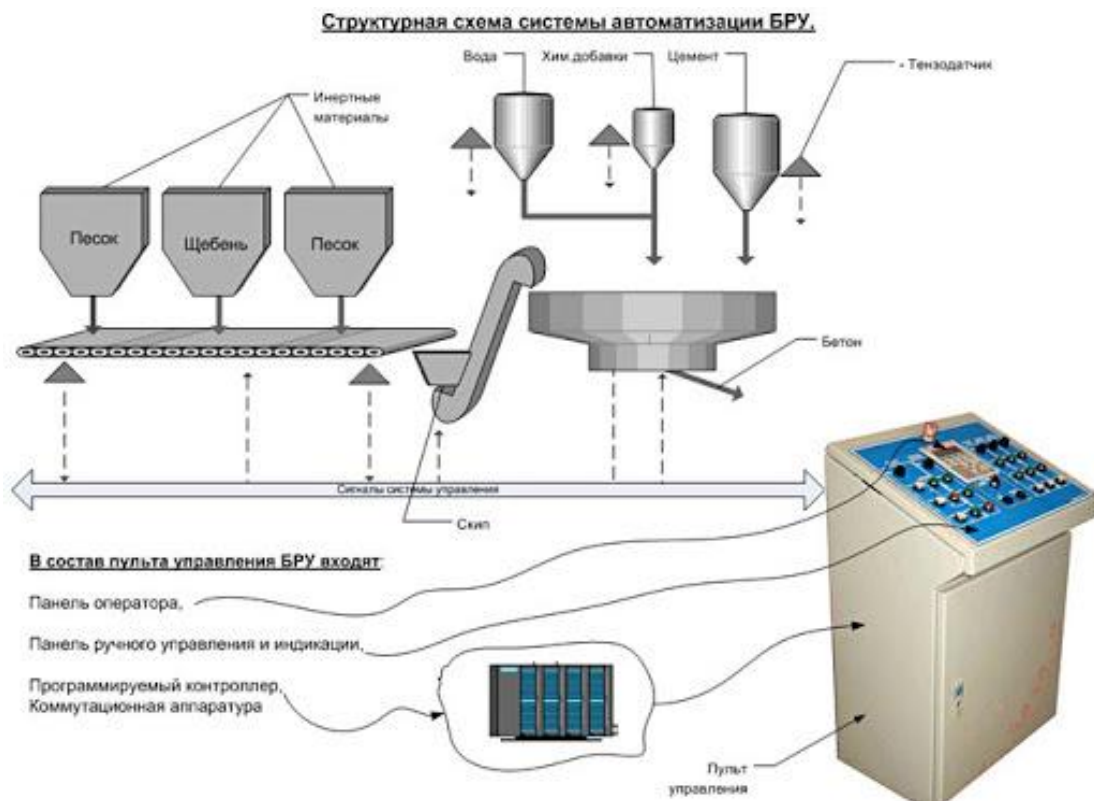


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизации БСУ непрерывного действия

Упреждение как составная часть динамической погрешности дозирования непосредственно влияет на точность измерений веса дозы. Вычисление величины упреждения в процессе дозирования должно быть автоматизировано. Под упреждением понимается разность между показанием значения веса дозы в определенный момент времени и показанием значения веса дозы в этот же момент времени, когда поступит сигнал на прекращение загрузки бункера.

Анализ экспериментальных данных, полученных на весовых дозаторах сыпучего материала бетоносмесительного цеха АО «Завод железобетонных изделий №2» после внедрения системы автоматического дозирования АСУ ДБС-2, представлен ниже. [6].

Количество проведенных измерений составило  $n=20$ , при этом заданное значение массы дозы равнялось 33 кг.

В этом случае среднее значение равно

$$m_{\text{cp}} = \frac{1}{20} (33,0 + 33,3 + 33,2 + \dots + 32,8) = 32,95 \text{ (кг)};$$

Вычислим значение среднего отклонения от фактически отмеренных масс доз по формуле

$$M = \frac{1}{20} (0,05 + 0,35 + 0,25 + \dots + 0,15) = 0,24 \text{ (кг)};$$

Тогда величина среднеквадратического отклонения составит

$$\sigma = 1,013 \sqrt{\frac{1}{19} (0,0025 + 0,1225 + 0,0625 + \dots + 0,0225)} = 0,328 \text{ (кг)};$$

Вычислим максимальное отклонение по формуле

$$b_{\text{max}} = 3 * 0,328 = 0,984 \text{ (кг)};$$

Тоже от заданной массы

$$\delta_{\text{max}} = 0,984 + |32,95 - 33,0| = 1,034 \text{ (кг)}$$

В результате относительная погрешность может быть вычислена по формуле

$$E_{\text{max}} = \frac{1,034}{33,0} \cdot 100\% = 3,13\%.$$

Приведенный расчет относительной погрешности дозирования показывает, что при сравнении с традиционным ручным способом управления, при котором погрешность составляла 9,21%, с внедрением системы автоматического управления дозированием погрешность снизилась в 3 раза. В тоже время она превышает допустимую погрешность в 1,5 раза. Проблема точности дозирования как видно пока еще не решена.

Требуется применение иных подходов в решении проблемы достижения заданной точности дозирования. Это, прежде всего, разработка расширенного математического обеспечения с привлечением современных способов и методов управления весоизмерительным оборудованием, которые бы учли особенности работы дозаторов сыпучих материалов, внутренние и внешние возмущающие воздействия [7].

Обоснованный выбор технических средств автоматизации и весоизмерительного технологического оборудования также важен и является составной частью в достижении ранее поставленной цели.

Задачи, решаемые весовыми непрерывными дозаторами КЛИМ-ВД:

- расчет текущего расхода сыпучего материала, проходящего через дозатор;
- получение измерительного сигнала насыпного удельного веса материала;
- передача входных сигналов через контроллер по интерфейсу RS-485 в АРМ оператора;
- управление двигателями, затворами и задвижками от контроллера через модули релейной коммутации и контакторы;
- расчет отклонения заданного значения расхода материала от фактического;
- вывод на экран монитора АРМ всех технологических параметров;
- обеспечение автоматического регулирования производительности дозатора в замкнутой АСР при ПИД-регулировании. [8, 9].

Автоматизированная система управления непрерывным дозированием сыпучих материалов для производства строительных и бетонных смесей изображена на рис. 2.

Организация структуры АСУТП непрерывного дозирования может быть представлена тремя уровнями:

Дозаторы непрерывного действия КЛИМ-ВД, оснащенные первичными измерительными преобразователями, концевыми выключателями, частотными и тензометрическими преобразователями, а также двигатели питателей, механизмы управления задвижками и клапанами образуют нижний уровень.

Средний уровень организован блоками питания, контроллерами, модулями релейной коммутации, то есть устройствами необходимыми для сбора информации, поступающей от датчиков, и устройствами выработки управляющих воздействий на исполнительные устройства дозаторов.

Структура среднего уровня обеспечивает:

- накопление итогового значения массы материала через дозатор;
- передачу производственной и технологической информации для архивирования на верхний уровень;
- вычисление ошибки между заданной и реально отвешенной массой материала;

- передачу информации о фактическом расходе материала через дозатор;
- реализацию запросов от верхнего уровня системы;
- контроль исполнения управляющих командных сигналов от верхнего уровня.

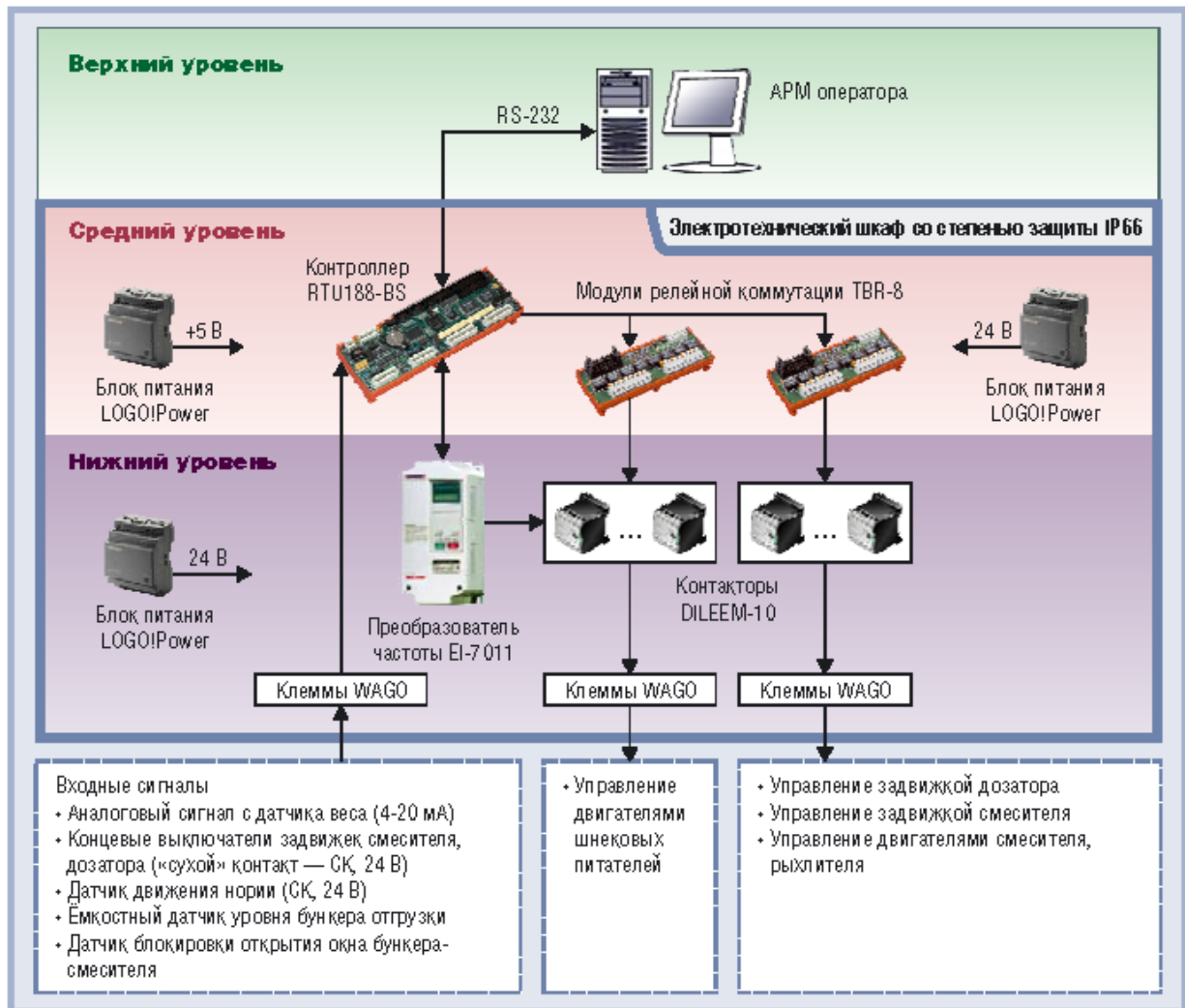


Рисунок 2 – Автоматизированная система управления непрерывным дозированием сыпучих материалов

Автоматизированное рабочее место оператора для осуществления общего управления производственным участком из группы дозаторов, а также сбора и анализа всей производственной и технологической информации посредством человеко-машинного интерфейса образует верхний уровень.

То есть верхний уровень это персональный компьютер со SCADA-системой участка непрерывного весового дозирования. [10].



Автоматизированная система управления непрерывным дозированием сыпучих материалов для производства строительных и бетонных смесей обеспечивает:

- возможность управления бесперебойной работой весовых дозаторов и систем управления основного технологического оборудования;
- сопряжение технологического весового оборудования и системы автоматического управления по различным протоколам;
- возможность оптимизации работы дозаторов по выбранному критерию (стоимости, точности, производительности, энергопотребления);
- возможность оперативного составления графиков (трендов), отражающих изменение параметров взвешивания и дозирования во времени;
- своевременную подачу звуковой и световой сигнализации при выходе технологических параметров за допустимые пределы измерения;
- возможность предотвращения аварий при работе оборудования;
- возможность расширения системы управления при необходимости обслуживания одновременно большего числа дозаторов;
- расчет состава бетонных смесей с учетом физико-механических характеристик дозируемых компонентов.
- отображение на видеомониторе процесса весового дозирования, а также расхода дозируемых материалов.

Рассмотрим дополнительные функции, реализуемые автоматизированной системой управления дозированием сыпучих материалов:

- возможность подключения системы управления базой данных к верхнему уровню системы – АРМ оператора;
- техническая реализация возможности задания оптимального состава бетонных смесей для весовых дозаторов по результатам экспресс-анализа физико-механического состояния составляющих бетонных смесей;
- пуск, останов дозаторов, обеспечение заданной производительности при управлении весовыми ленточными дозаторами в автоматическом режиме;
- табличный и графический способ представления технологической информации, полученной от весовых дозаторов непрерывного действия; составление электронного журнала учета работы весоизмерительного оборудования.
- контроль фактического расхода материала с возможностью остановки дозатора в случае создания аварийной ситуации;
- составление отчетов исходя из фактической работы дозаторов;

- создание сети предприятия с организацией дополнительных рабочих мест;
- создание производственного участка, в состав которого входят несколько непрерывных дозаторов;
- сбор технологической информации о работе дозаторов и передача ее по сети предприятия в базу данных;
- организация отчетности в электронном виде о работе дозаторов, текущем расходе материалов, сбоях в работе за определенный временной интервал;
- организация отчетности в электронном виде о работе дозаторов за определенный временной интервал, когда они находились в вынужденном простое;
- установка для каждого дозатора нового заданного значения расхода материала;
- измерение плотности дозируемых материалов;
- защита информации о работе дозаторов и ее доступность.
- диагностика и тестирование системы автоматического управления дозированием и технологического оборудования. [11, 12].

В работе были выполнены исследования по научно-технической проблеме управления процессом непрерывного весового дозирования материалов бетоносмесительных установок. Основные результаты научно-технических исследований заключаются в следующем:

1. Разработка АСУТП непрерывного дозирования составляющих строительных и бетонных смесей диктуется необходимостью увеличения производительности приготовления смесей, существенного повышения точности дозирования, качества строительных и бетонных смесей, а также улучшения учета и контроля работы.

2. Для дозаторов проведена оценка точности дозирования сыпучего инертного материала, что дало возможность обнаружить недостатки в существующих системах визуального дозирования.

3. Выявлены принципиальные недостатки известных способов автоматизации и систем контроля и управления, которые не обеспечивают требуемую точность дозирования.

4. Предложены проектные решения по модернизации весовых дозаторов и систем автоматизации, заключающиеся в оснащении дозаторов тензометрическими и частотными преобразователями.

5. Разработана автоматизированная система управления непрерывным дозированием, отличающаяся необходимым и достаточным комплексом технических средств.

### Список литературы

1. Бокс, Дж. Анализ временных рядов: Прогноз и управление / Бокс Дж., Дженкинс Г.; Мир. – М., 1974, Вып. 1. – 406 с.

2. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле: моногр. / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, У. Уивер; Машиностроение. – М., 1985. – 472 с.

3. Поляков, С. И. Автокорреляция и авторегрессия дискретного ряда дозирования сыпучих материалов / С. И. Поляков // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: материалы XIII-ой международной научно-технической интернет – конференции 1 ноября – 30 ноября 2014 года. – Брянск, 2014. – С. 89–92.

4. Поляков, С. И. Автоматизация дозирования и учета расхода компонентов бетонных смесей: специальность 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (промышленность)»: дис. ... канд. техн. наук: защищена 02.09.1994 / Поляков С. И.; «ВГТУ». – Воронеж, 1994. – 250 с.

5. Поляков, С. И. Математическая модель динамической погрешности дозирования. / С. И. Поляков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 6. Т. 7. – С. 74–76.

6. Поляков, С. И. Оценка точности дозирования сыпучего материала / С. И. Поляков // Актуальные проблемы лесного комплекса: сборник научных трудов. – Брянск, 2002. – Вып.5. – С. 78–81.

7. Поляков, С. И. Прогноз дискретного ряда дозирования / С. И. Поляков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – № 6. Т. 8. – С. 33-35.

8. Поляков, С. И. Прогнозирование процесса дозирования сыпучего материала / С. И. Поляков // Автоматизация и современные технологии. – 2012. – № 4. – С. 3-5.

9. Поляков, С. И. Проектирование систем управления: учеб. пособие / С. И. Поляков, Н. П. Зуйкин; М-во образования РФ, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2001. – 133 с.

10. Поляков, С. И. Статистическое прогнозирование и упреждение динамической погрешности дозирования / С. И. Поляков // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2005. – Спецвыпуск. – С. 77–78.

11. Поляков, С. И. Управление процессами дозирования и смешивания в производстве древесностружечных плит / С. И. Поляков // Актуальные проблемы лесного комплекса: материалы XII международной научно-технической конференции. – Брянск, 2011. – С. 111-117.

12. Шишмарев, В. Ю. Средства измерений / В. Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 320 с.

### References

1. Box, J. Time series analysis: Forecast and management / Box J., Jenkins G.; World. – M., 1974, Issue. 1. – 406 p.

2. Timoshenko, S.P. Fluctuations in engineering: monograph / S. P. Timoshenko, D. H. Young, W. Weaver; Mechanical engineering. – M., 1985. – 472 p.

3. Polyakov, S. I. Autocorrelation and autoregression of a discrete series of dosing of bulk materials / S. I. Polyakov // Forestry complex: state and development prospects: materials of the XIII International Scientific and Technical Internet Conference November 1 – November 30, 2014 . – Bryansk, 2014. – pp. 89–92.

4. Polyakov, S.I. Automation of dosing and accounting for the consumption of components of concrete mixtures: specialty 05.13.07 “Automation of technological processes and production (industry)”: dis. ...cand. tech. Sciences: protected 02.09.1994 / Polyakov S.I.; "VSTU". – Voronezh, 1994. – 250 p.

5. Polyakov, S.I. Mathematical model of dynamic dosing error. / S. I. Polyakov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2011. – No. 6. T. 7. – P. 74–76.

6. Polyakov, S. I. Assessing the accuracy of dosing bulk material / S. I. Polyakov // Current problems of the forestry complex: collection of scientific papers. – Bryansk, 2002. – Issue 5. – pp. 78–81.

7. Polyakov, S. I. Forecast of a discrete dosing series / S. I. Polyakov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2012. – No. 6. T. 8. – P. 33-35.
8. Polyakov, S. I. Forecasting the process of dosing bulk materials / S. I. Polyakov // Automation and modern technologies. – 2012. – No. 4. – P. 3-5.
9. Polyakov, S. I. Design of control systems: textbook / S. I. Polyakov, N. P. Zuykin; Ministry of Education of the Russian Federation, State Educational Institution of Higher Professional Education "VGLTA". – Voronezh, 2001. – 133 p.
10. Polyakov, S. I. Statistical forecasting and anticipation of dynamic dosing error / S. I. Polyakov // Izv. universities North Caucasus region. Tech. Sciences. – 2005. – Special issue. – pp. 77–78.
11. Polyakov, S. I. Control of dosing and mixing processes in the production of particle boards / S. I. Polyakov // Current problems of the forestry complex: materials of the XII international scientific and technical conference. – Bryansk, 2011. – P. 111-117.
12. Shishmarev, V. Yu. Measuring instruments / V. Yu. Shishmarev. – M.: Publishing Center "Academy", 2006. – 320 p.

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫМ  
ВЕСОВЫМ ДОЗИРОВАНИЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ  
СМЕСЕЙ**

**AUTOMATED CONTROL OF CONTINUOUS WEIGHT DOSING  
IN THE PRODUCTION OF CONCRETE MIXTURES**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
г. Воронеж, Россия  
poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**  
FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"  
Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию проблемы непрерывного дозирования сыпучих материалов и созданию автоматизированной системы управления процессом весового дозирования

**Abstract:** The article is devoted to the study of the problem of continuous dosing of bulk materials and the creation of an automated control system for the process of weight dosing

**Ключевые слова:** весовое дозирование, точность, автоматизированная система, управление, бетонные смеси, структурная схема

**Keywords:** weight dosing, precision, automated system, control, concrete mixtures, block diagram

Требования по дозированию материалов для бетонных смесей в Российской Федерации соответствуют современной практике, сложившейся в мире. Для цемента и воды погрешность дозирования весовыми дозаторами не должна превышать  $\pm 1\%$  и для заполнителей  $\pm 2\%$ . Причем действующий в Российской Федерации ГОСТ 7473–94 требует дозировать материалы для бетонных смесей по массе.

В настоящее время для автоматического дозирования материалов на предприятиях бетоносмесительными установками, где производятся сухие смеси, используют отдельно для каждого компонента, так называемые, весовые бункеры, снабженные контроллером весовым и тензометрическими датчиками. Весовой контроллер типа «ДОЗА-4» относится к современному весодозирующему комплексу технических средств.

Для практической реализации указаний ГОСТ по точности дозирования необходимо грамотно обеспечить измерение веса, подобрать необходимый и достаточный комплекс технических средств, создав измерительный канал, обеспечивающий достоверность передачи информации.

Весовые контроллеры в комплекте с тензодатчиками и необходимым весоизмерительным оборудованием в статическом режиме работы при постепенной и плавной загрузке бункера питателем и при отсутствии ударных воздействий от крупных монолитных образований обеспечивают заданную точность дозирования. Причем в статике эта точность может значительно превышать требуемую по ГОСТу. Это обеспечивает однозначно с одной стороны возможность получения необходимого качества сформированных доз компонентов бетонных смесей, а с другой стороны, напротив, снижает производительность весового оборудования. В данном случае система управления взвешиванием может быть реализована без компьютера, ограничившись только весовыми контроллерами.

Однако на практике обеспечить статический режим работы в производственных условиях не представляется возможным по перечисленным выше причинам. При неравномерной подаче материала в бункер питателем различного типа возникает динамический режим работы дозатора и рычажной или тензометрической весоизмерительной системы. При этом неизбежно возникают колебания дозатора в процессе взвешивания, которые обязательно приведут к динамическим погрешностям дозирования.

Здесь важно отметить то обстоятельство, что погрешность дозирования в значительно большей степени формируется за счет самого характера загрузки весовых дозаторов материалом, механикой весоизмерительной системы, и в значительно меньшей степени электроникой преобразования измерительного сигнала, системой управления, выработкой командных сигналов и тензометрическими преобразователями веса. [1, 2].

Динамическое дозирование обусловлено следующими основными факторами: весом падающего столба, после того как получен сигнал-команда

на прекращение подачи материала; колебательным движением бункера в результате ударного поступления материала в бункер; инерцией питающего устройства (ленточного, шнекового, шибера и тому подобного) после того как получен сигнал-команда на прекращение подачи материала.

Кроме перечисленных основных факторов можно выделить и дополнительные, также приводящие к динамической погрешности. К ним относятся: силовое воздействие на весоизмерительную систему от дополнительных источников; изменение чувствительности измерителей веса в процессе загрузки дозатора; возможное смещение в процессе дозирования центра тяжести дозатора и весоизмерительной системы; неравномерность подачи материала.

В процессе проектирования дозатора, оснащенного автоматизированной весоизмерительной системой, эти факторы, оказывающие негативное влияние на процесс дозирования, должны быть учтены как внешние возмущающие воздействия. Упомянутые выше весовые контроллеры программируются с учетом расчета прогноза и корректировки весового дозирования.

При нормальных внешних и внутренних условиях дозирования подобные контроллеры с соответствующим программным обеспечением могут обеспечивать требуемую точность дозирования. Для устранения негативного влияния перечисленных факторов их стремятся компенсировать, например, изменяя скорость электропривода механизма подачи материала на различных режимах работы питающего устройства, вводя упреждения и тому подобное.

Электропривод включает в себя преобразователь частоты как преобразователь электрической энергии, электрический двигатель и собственно систему управления. Скорость двигателя питателя дозатора может регулироваться с помощью частотного преобразователя в автоматическом режиме. Скорость асинхронного электродвигателя регулируется изменением амплитуды и частоты питающего напряжения, а также числа пар полюсов. Частотный преобразователь предназначен для управления мотор-редуктором, электроприводом переменного тока общего назначения.

В случае частотного регулирования управление скоростью вращения осуществляется путем изменения амплитуды и частоты трехфазного напряжения источника питания по командам дозирующего контроллера. Меняя частоту подводимого напряжения частотные преобразователи изменяют скорость вращения асинхронного двигателя. При этом регулирование скорости



двигателя питателя относительно основной за счет изменения частоты напряжения предусматривает как увеличение скорости, так и ее уменьшение.

В последние годы растет номенклатура выпуска дозирующих контроллеров. В связи с этим возникает проблема выбора соответствующего контроллера для решения узких специфических задач управления процессом взвешивания по следующим критериям: надёжность работы; простота и удобство задания различных режимов работы; управление контроллером в дистанционном режиме; контроль и вывод информации о накапливаемом весе материала в бункере дозатора; смена режимов работы, как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме; реализация типовых циклов дозирования и сохранения их в памяти; останов процесса дозирования в ручном и автоматическом режимах; оперативная смена заданий доз; вывод информации о текущем состоянии процесса дозирования; в процессе смешивания компонентов одновременное дозирование материалов; время прохождения информационного сигнала не ниже 10-30 измерений в секунду; точность взвешивания в статике должна быть не менее 0,5-1%. [3].

Кроме перечисленных критериев выбора весовой контроллер должен реализовывать следующие функции: интуитивно-понятный пользовательский интерфейс эксплуатации прибора; индикация на русском языке, удобочитаемые инструкции контроля и настройки; необходимая калибровка и настройка системы, в том числе в автоматическом режиме; при необходимости дозирование материалов в один весовой бункер нескольких компонентов; отчётность по производимым циклам дозирования и общему расходу материалов.

Подводя итог, можно сказать, что весовые контроллеры типа «ДОЗА-4» выпускаются промышленностью в нескольких модификациях, обеспечивая потребности предприятий строительной отрасли и бетоносмесительных установок в различных автоматизированных дозирующих устройствах. Контроллеры выпускаются с функцией подсчета импульсов, управления порядка загрузки исходных компонентов, с обратными связями по исполнительным механизмам дозирующего и смесительного оборудования и так далее.

Перечисленные функции учитываются на этапе проектирования изделия и реализуются в различных модификациях при выпуске. Предприятиям и фирмам-изготовителям надлежит совершенствовать контроллер с позиций адаптации системы управления к реальному истечению материала из питателей

дозаторов. Это сложная задача, но ее необходимо решить за счет применения расширенного математического обеспечения и экспресс-анализа хода дозирования.

Заказчиками существующих весовых контроллеров являются ведущие производители весодозирующего оборудования, такие как УПТК Стройтехника г. Москва, ООО Стройтехника г. Тула и другие. В настоящее время весовые контроллеры «ДОЗА-4» разработаны и серийно выпускаются промышленностью.

Разработка автоматизированной системы управления дозаторов для бетонной смеси непрерывным способом представляет определенные трудности, то есть является сложной научной и инженерной задачей.

Известны разработки подобных систем, внедренные на производстве. Например, в девяностые годы на Воронежском заводе ЖБИ-2 была установлена автоматизированная система управления процессом дозирования для составляющих бетонных смесей. Система работала в дозирочном отделении бетоносмесительного цеха [4, 5].

Технологическое оборудование весовое включало 6 дозаторов для цемента, воды, керамзита, щебня и гравия. Дозирование выполнялось по классическому принципу, включающее питающее устройство соответствующего типа и конструкции, грузоприемного органа и весоизмерительной системы. Последняя работала на принципе уравнивания груза посредством рычагов: грузоприемного органа с материалом с одной стороны и весовой головки с отклоняющимися балластами с другой.

Особое внимание при разработке систем автоматики уделялось выбору датчиков веса. Так как грузоприемная часть дозатора при поступлении на нее материала прогибается вниз под действием силы тяжести, то можно от жесткого звена перемещающегося вместе с грузом получить достоверную информацию о весе. Здесь использовались аналого-цифровые преобразователи. Для них необходимо было реализовать принцип преобразования измерительного сигнала: линейное перемещение весового датчика – цифровой код, угловое перемещение весового датчика – цифровой код. Либо следующий принцип: линейное перемещение весового датчика – цифровая последовательность импульсов, угловое перемещение весового датчика – цифровая последовательность импульсов.

Бесспорно, любая система только тогда будет работать, если она состоит из надежных и работоспособных в жестких производственных условиях элементов. Поэтому, фактор надежности был главным при выборе преобразователей перемещений, как линейных, так и угловых.

При разработке АСУ непрерывным дозированием необходимо определить основные технические данные системы, функции, которые будет выполнять система автоматики. Осуществить выбор промышленного контроллера и компьютера.

Большое внимание требует разработка программного обеспечения. Наиболее подходит для процессов дозирования реализация прямого цифрового управления непрерывными дозаторами. Кроме того, система управления и соответственно программное обеспечение должны быть адаптированы к особенностям работы дозаторов составляющих бетонных смесей, учитывать сам процесс взвешивания, характер загрузки питающим устройством, отсечение потока материала при достижении требуемого веса или расхода (производительности) дозатора и так далее. Ведь дозаторы работают в весьма жестких условиях внешней среды, материал поступает неравномерно, различного гранулометрического состава, влажности, объемного веса, в условиях резкого перепада температур и влажности. Все эти негативные факторы и возмущающие воздействия на процесс весового дозирования необходимо учесть. [6].

В итоге программное обеспечение должно реализовывать такой математический аппарат, который способен принять особенности дозирования в условиях работы этих дозаторов на предприятиях стройиндустрии и быть адаптированным к самому процессу загрузки, выгрузки, взвешивания и преобразовании веса в достоверный измерительный сигнал. Алгоритм управления взвешиванием строится по типовому принципу, содержит циклические, линейные, ветвящиеся структуры и показан на рис. 1.

С точки зрения управления автоматизированная система должна выполнять следующие функции: обеспечивать стабилизацию значения веса или расхода материала на весоизмерительном устройстве, осуществлять программное логическое управление исполнительными органами весового оборудования бетоносмесительных установок непрерывного действия. Автоматизированная система управления должна собирать, обрабатывать по алгоритму интеллектуального программного обеспечения всю необходимую измерительную информацию о процессе дозирования. Монитор отображает

состояние всего весодозирующего оборудования. Кроме того, необходимо получать информацию не только о технологических параметрах процесса взвешивания, формирования дозы, расхода и производительности, но и об отклонении этих величин от заданного значения. Следить о достижении предельных значений технологических параметров. И при необходимости оповещать диспетчера или оператора о возникших аварийных ситуациях.

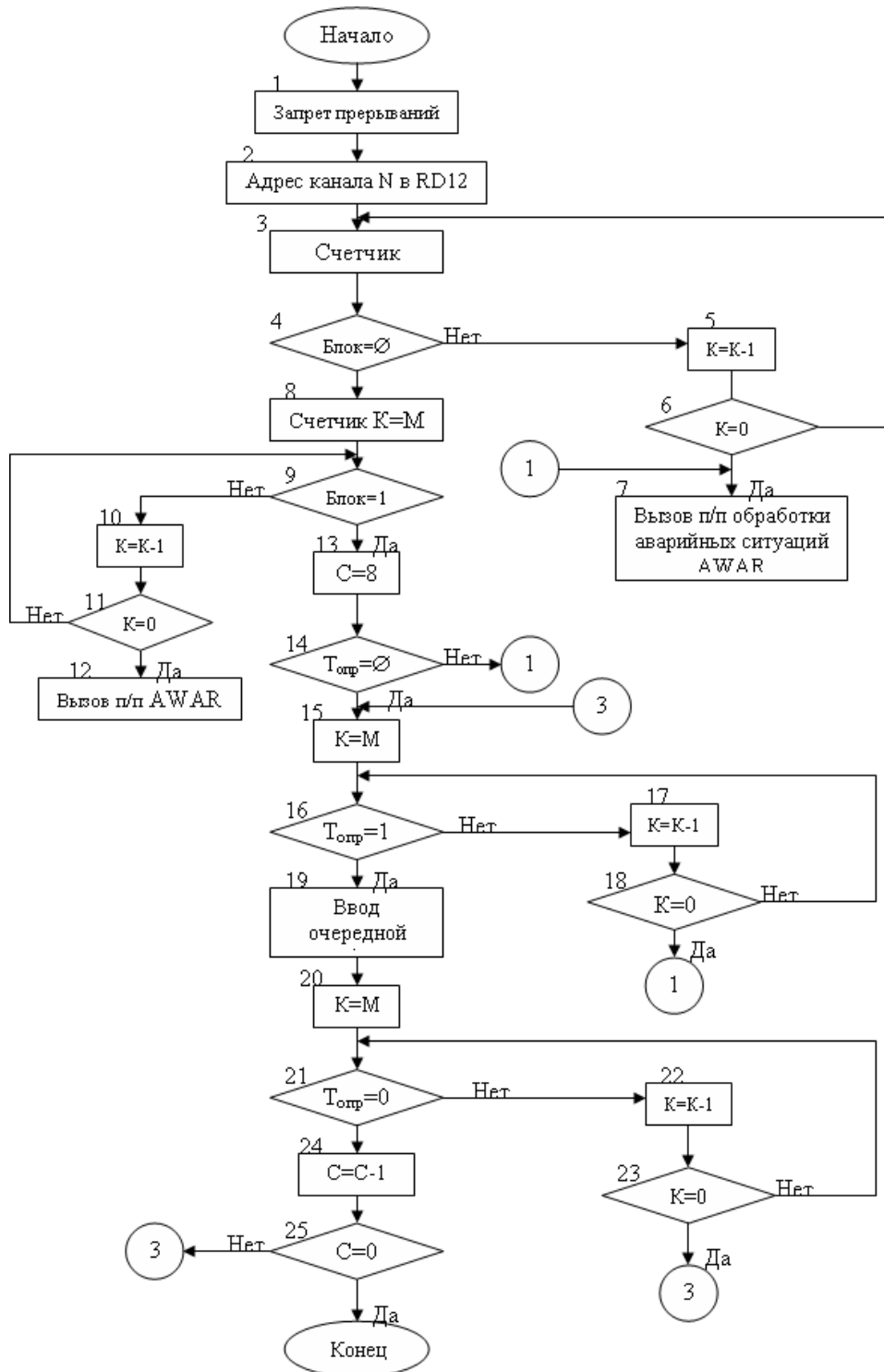


Рисунок 1 – Структурная схема алгоритма управления подпрограммы взвешивания WES

Основным объектом исследования и автоматизации является дозатор непрерывного действия, представленный на рис. 2. Состав приведенного дозатора и системы управления следующий: 1 – сыпучий материал (компонент бетонной смеси), 2 – загрузочное входное устройство, 3 – датчик силовой тензометрический, 4 – датчик частоты вращения ленты дозатора, 5 – датчик частоты вращения ведомого барабана, 6 – датчик натяжения ленты грузового конвейера, 7 – асинхронный электропривод ленты дозатора и секторного питателя, 8 – частотный преобразователь, 9 – датчики наполнения дозатора, 10 – входная воронка питающая.

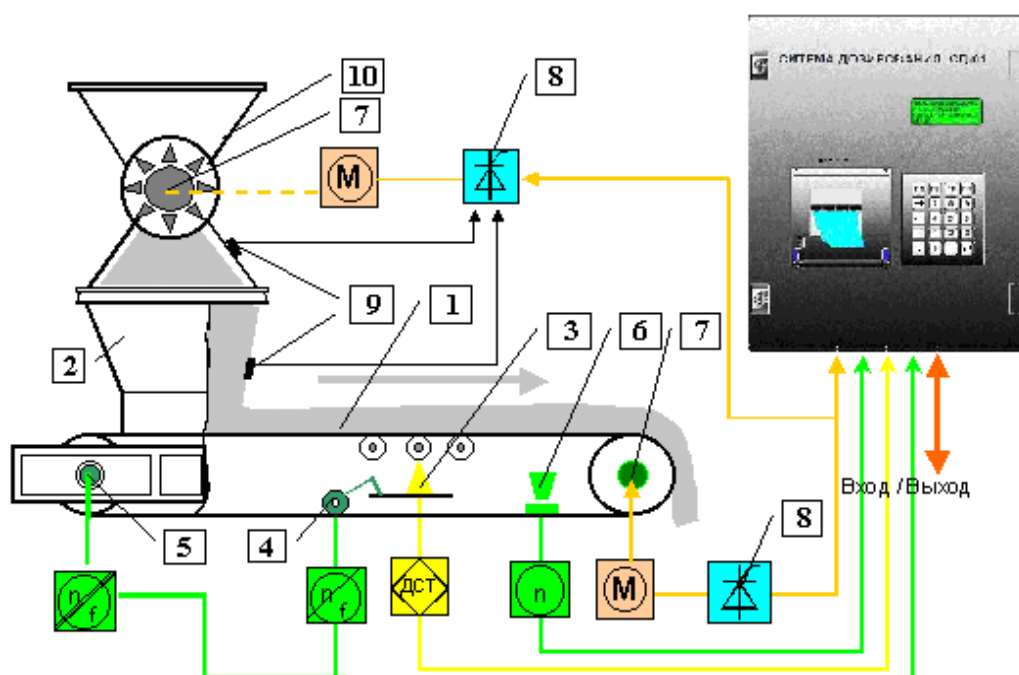


Рисунок 2 – Дозатор непрерывного действия, оснащенный тензометрической системой автоматического взвешивания и управления

Информация в виде измерительных сигналов поступает на входы контроллера, а также на аналого-цифровой преобразователь. В соответствии с алгоритмом управления обрабатывается, и в случае отклонения технологических параметров от заданного значения, контроллер обеспечивает выработку командных управляющих воздействий на силовые и исполнительные механизмы с целью достижения контролируемых технологических параметров заданного значения.

Основным элементом работы дозатора является тензометрический преобразователь веса, серийно выпускаемый промышленностью, и широко

внедряемый в том числе и для операций дозирования и взвешивания в различных отраслях промышленности.

Предложенный комплекс технических средств автоматизированного управления имеет достаточный и необходимый состав для достижения качественного управления процессом непрерывного взвешивания сыпучих материалов. Работа подобных систем управления в условиях производства достаточно надежна. Основным показателем качественной работы весового дозатора непрерывного действия остается показатель точности дозирования, то есть стабильного расхода или производительности дозатора. Обеспечить заданную точность в условиях промышленной эксплуатации дозаторов представляет на практике значительную трудность.

Основным трудно преодолимым фактором в достижении точности, все-таки является сам процесс загрузки дозатора расходным материалом. Из-за налипания материала к стенкам воронки, разного наполнения дозатора, изменения физико-механического состояния исходных компонентов, объемного веса, влажности, отсутствия бесперебойного поступления материала и так далее сильно затрудняют работу дозатора. И в, первую очередь, страдает точность необходимая для поддержания заданного процентного соотношения компонентов смесей в процессе приготовления бетонных смесей.

Решить полностью проблему точности дозирования и взвешивания только выбором технических средств не представляется возможным. Необходим математический аппарат и программное обеспечение, его реализующее, способные адаптироваться к работе дозаторов. Программное обеспечение должно содержать вычислительный аппарат, основанный на оперативном анализе данных работы дозатора, упреждении динамической погрешности дозирования, ее статистическом прогнозировании. Только после обработки этих данных может быть выработано адекватное управляющее воздействие на управление механизмами дозатора непрерывного действия в составе бетоносмесительных установок для производства качественных смесей. Структура системы управления непрерывным дозированием компонентов бетонных смесей представлена на рис. 3.

Преобразователь тензометрический включает в себя следующие блоки: дискретные входы и выходы с гальванической развязкой, драйверы RS485 и RS232 с гальванической развязкой, микропроцессор, светодиодный индикатор, клавиатура, блок питания преобразователя, аналого-цифровой преобразователь. [7, 8].

Входное сетевое напряжение питания преобразуется блоком питания прибора в напряжение стабилизированное, необходимое для питания как датчиков тензометрических, так и всех остальных узлов прибора. Питание преобразователя выполняется либо от внешнего источника 12...25В, либо от сети переменного тока 220В. Источник питания вспомогательный работает только от сетевого напряжения переменного тока 220В. Кроме того, он имеет от основной схемы развязку гальваническую. Преобразователь имеет также нестабилизированное напряжение вспомогательного внутреннего источника питания. Это напряжение, помимо основного питания, может быть использовано для подключения внешних релейно-контактных дискретных датчиков, для которых не предъявляются повышенные требования к источнику питания.



Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматизированного управления технологическим процессом непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей

Пропорциональный измеряемому весу на ленте конвейера, измерительный сигнал тензодатчика подается на входные цепи аналого-

цифрового преобразователя. Схема подключения тензометрического датчика к вторичному измерительному прибору Ньютон 11 имеет свои особенности, которые заключаются в компенсации потерь напряжения в соединительных проводах тензометрического датчика. На входы АЦП приходит также напряжение с питающей диагонали тензометрического датчика наряду с измерительным сигналом тензометрического датчика. Это напряжение в измерительной схеме для АЦП является опорным. После обработки в АЦП цифровые значения измерительных сигналов подаются в микропроцессор. В микропроцессоре цифровые значения обрабатываются и происходит преобразование искомым значений в измеряемый вес. Полученный вес высвечивается на индикаторе тензометрического преобразователя и далее по сети поступает интерфейсу RS485/RS232. Кнопками на лицевой панели тензометрического преобразователя вес при необходимости сбрасывается.

Получив фактическое измеренное значение веса, вторичный преобразователь может выдать релейный сигнал по предварительно выполненным настройкам самого тензометрического преобразователя. Кроме этого, также по предварительно выполненным настройкам преобразователя обрабатывается состояние входов прибора. В выходных цепях происходят действия в связи с состоянием входов преобразователя.

В работе были выполнены исследования по научно-технической проблеме управления процессом непрерывного весового дозирования материалов бетоносмесительных установок. Основные результаты научно-технических исследований заключаются в следующем: 1. Выявлены особенности управления процессом дозирования сыпучих материалов на участке смешивания в составе БСУ непрерывного действия. 2. Предложены проектные решения по реконструкции, совершенствованию систем автоматизации, заключающиеся в установке весоизмерительных конвейеров, оснащенных частотными преобразователями и тензометрическими информационно-измерительными системами. 3. Разработана автоматизированная система управления непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей, отличающаяся оперативным сбором и анализом информации о параметрах дозирования, выработкой оперативных управляющих воздействий на весоизмерительное оборудование.



## Список литературы

1. Дацук, К. А. Способ управления режимами дозирования и смешивания с применением вейвлет-преобразований / К. А. Дацук, Е. И. Князьков, Д. Б. Федосенков и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Вып. 3(18). – С. 126–134.
2. Поляков, С. И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство / С. И. Поляков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса: межвуз. сборник научных трудов. – Воронеж, 2000. – С. 287–288.
3. Поляков, С. И. Математическая модель динамической погрешности дозирования. / С. И. Поляков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 6. Т. 7. – С. 74–76.
4. Поляков, С. И. Метрологические характеристики процесса дозирования сыпучих тел / С. И. Поляков // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: материалы Всероссийской научно – практической конференции. – Красноярск, 2002. – Т. 2. – С.130-135.
5. Поляков, С. И. Проблема точности дозирования материалов / С. И. Поляков // Проблемы и перспективы лесного комплекса: материалы межвузовской научно – практической Конференции. – Т. 2. – Воронеж, 2005. – С. 45–49.
6. Поляков, С. И. Управление процессами дозирования и смешивания в производстве древесностружечных плит / С. И. Поляков // Актуальные проблемы лесного комплекса: материалы XII международной научно-технической конференции. – Брянск, 2011. – С. 111-117.
7. Рачков, М. Ю. Технические измерения и приборы / М. Ю. Рачков. – Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2007. – 200 с.
8. Раннев, Г. Г. Методы и средства измерений / Г. Г. Рачков, А. П. Тарасенко. – Изд. 2-е, стереотипное. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

## References

1. Datsuk, K. A. A method for controlling dosing and mixing modes using wavelet transforms / K. A. Datsuk, E. I. Knyazkov, D. B. Fedosenkov, etc. // Equipment and technology of food production. – 2010. – Issue. 3(18). – pp. 126-134.
2. Polyakov, S.I. Introduction of a modular dosing control system into production / S.I. Polyakov // Mathematical modeling, computer optimization of technologies, parameters of equipment and systems of the forestry complex: interuniversity. collection of scientific works. – Voronezh, 2000. – pp. 287–288.
3. Polyakov, S.I. Mathematical model of dynamic dosing error. / S. I. Polyakov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2011. – No. 6. T. 7. – pp. 74–76.
4. Polyakov, S.I. Metrological characteristics of the process of dosing bulk solids / S.I. Polyakov // Chemical forestry complex - problems and solutions: materials of the All-Russian scientific and practical conference. – Krasnoyarsk, 2002. – T. 2. – P.130-135.
5. Polyakov, S.I. The problem of accuracy of dosing materials / S.I. Polyakov // Problems and prospects of the forestry complex: materials of the interuniversity scientific and practical Conference. – T. 2. – Voronezh, 2005. – pp. 45–49.
6. Polyakov, S.I. Control of dosing and mixing processes in the production of particle boards / S.I. Polyakov // Current problems of the forestry complex: materials of the XII international scientific and technical conference. – Bryansk, 2011. – pp. 111-117.
7. Rachkov, M. Yu. Technical measurements and instruments / M. Yu. Rachkov. – Ed. 2nd, revised and additional – M.: MGIU, 2007. – 200 p.
8. Rannev G. G. Methods and measuring instruments / G. G. Rachkov, A. P. Tarasenko. – Ed. 2nd, stereotypical. – M.: Publishing Center “Academy”, 2004. – 336 p.

**УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНЫМ ВЕСОВЫМ ДОЗИРОВАНИЕМ  
КОМПОНЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ  
CONTROL OF DISCRETE WEIGHT DOSING OF COMPONENTS  
OF BUILDING MIXES**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
г. Воронеж, Россия  
poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**  
FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"  
Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Статья посвящена проблеме точности весового дискретного дозирования сыпучих материалов при производстве строительных смесей и созданию автоматизированной системы управления процессами весового дозирования

**Abstract:** The article is devoted to the problem of accuracy of weight discrete dosing of bulk materials in the production of building mixes and the creation of an automated control system for weight dosing processes

**Ключевые слова:** весовое дозирование, точность, автоматизированная система, управление, бетонные смеси, структурная схема, комплекс технических средств

**Keywords:** weight dosing, accuracy, automated system, control, concrete mixtures, block diagram, complex of technical means

Процесс производства бетонных смесей чрезвычайно важен для всего строительного комплекса. Трудно переоценить применение бетонных смесей в настоящее время в строительной отрасли. Вопрос качества в условиях конкурентного производства продукции по-прежнему стоит остро. Детальное исследование всей технологической цепочки производства смесей позволяет

получить полное представление о качестве смесей и позволяет проанализировать как отдельные процессы, так и наиболее проблемные участки производства, из которых весовое дозирование компонентов, формирование смеси являются, по-видимому, наиболее значимыми. Несмотря на то, что изучению управления весовым дозированием компонентов смесей было посвящено много работ, до сих пор не известно, какой способ автоматического управления обеспечит необходимую погрешность дозирования при изменении физико-механических свойств дозируемого сыпучего материала, как компонента бетонной смеси. Процесс дозирования сыпучих тел очень сложен. Для снижения погрешности дозирования необходимо параметры управления процессом выводить на оптимальные уровни.

Работа посвящена исследованию повышения точности весового дискретного дозирования компонентов бетонных смесей и созданию автоматизированной системы управления процессом дозирования.

В проблеме комплексной автоматизации бетоносмесительных заводов участвуют технологические процессы, направленные на создание условий, при которых будет достигнута цель управления качеством бетонных смесей. К таким технологическим процессам относятся:

1) Подача и загрузка сыпучих материалов в расходные бункера надбункерного отделения бетоносмесительных установок. Измерение и контроль уровня материалов в бункерах. Автоматизация процесса подачи материалов.

2) Процесс дозирования составляющих бетонных смесей. Автоматическое дозирование как сыпучих, так и жидких компонентов смесей.

3) Процесс перемешивания составляющих, входящих в состав бетонных смесей. Автоматическое управление работой бетоносмесителей.

4) Выдача потребителю готовых бетонных смесей. Экспресс-контроль качества смеси. Автоматическое управление выдачей смесей. [1, 2, 3].

Система автоматического управления участком БСУ обеспечивает измерение, контроль всех необходимых технологических параметров, обработку и своевременную передачу информации на пульт оператора о возникших сбоях и нарушениях в ходе выполнения технологического процесса.

На рис. 1 представлена схема технологического типового бетоносмесительного узла, оснащенных дискретными дозаторами: 1 – склад

инертных материалов, 2 – поворотная воронка, 3 – датчики уровня, 4 – расходный бункер цемента, 5 – расходная емкость воды, 6 – расходные емкости химдобавок, 7 – питатели, 8 – клапан, 9 – бетоносмеситель, 10 – промежуточная воронка, 11– ленточный конвейер, 12 – промежуточные воронки, 13 – автобетоносмеситель, 14 – промежуточный бункер, 15 – ленточный транспортер, 16 – выпускной затвор, 17 – расходные бункера инертных компонентов, 18 – система подачи пара.

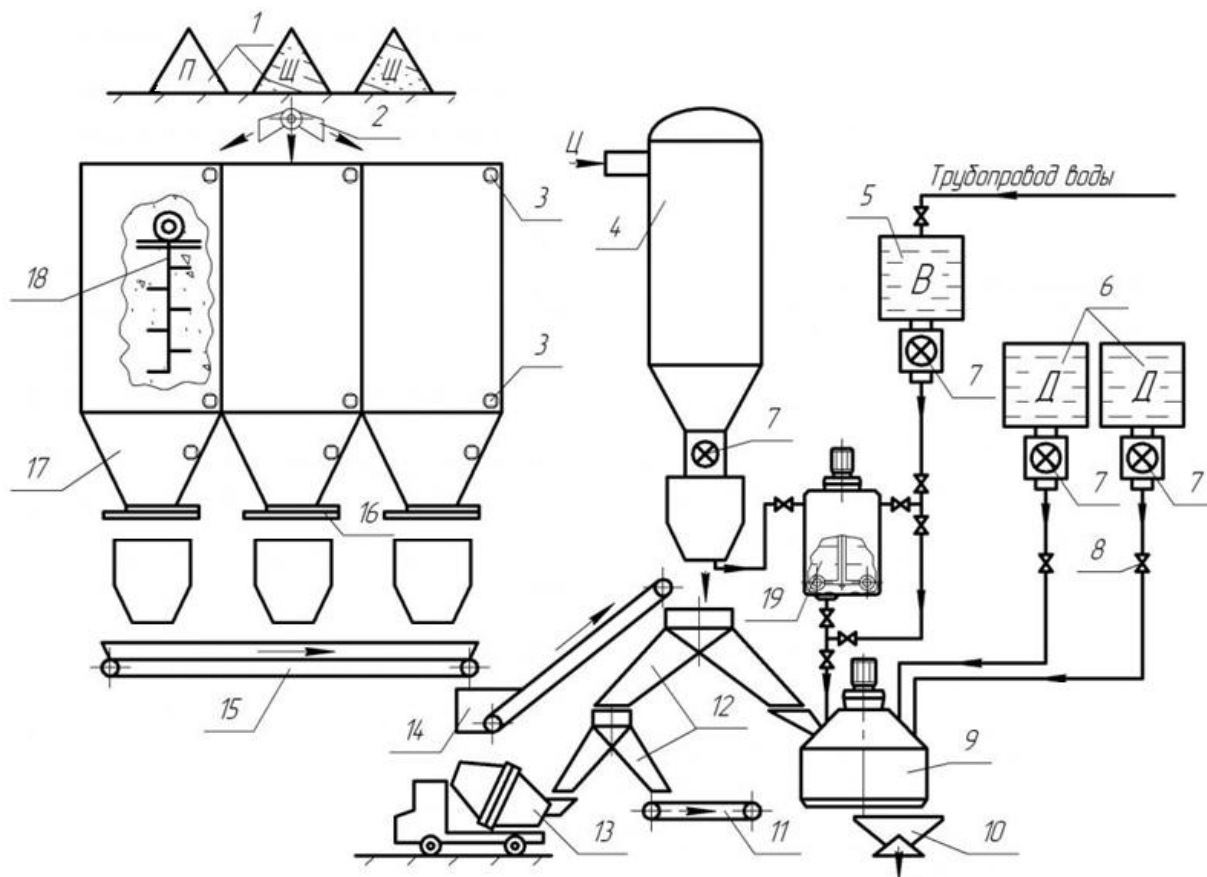


Рисунок 1 – Схема технологическая типового бетоносмесительного узла

Выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью весовые дозаторы «ВДД» циклического принципа действия ориентированы на реализацию, прежде всего, полуавтоматического весового дозирования сыпучих материалов и жидкостей, также с помощью них реализуется на производстве технологический учет взвешиваемых доз материалов.

Функции, выполняемые дискретными весовыми дозаторами «ВДД»:

– В АСУТП предприятия от системы управления дозаторами поступает технологическая информация;

- за отчетный период выполняется статистический учет порционных весовых доз, отработанных дозатором;
- за отчетный период производится суммирование порционных весовых доз материала, отработанных дозатором;
- в групповом и автономном режиме осуществляется дискретное дозирование жидких и сыпучих материалов.

Предлагаемые дозаторы серии «ВДД» по источникам технической литературы, средств Интернета предназначены и успешно эксплуатируются в различных отраслях промышленности, где по условиям технологического процесса необходимо осуществить с высокой точностью порционное весовое дозирование сыпучих и жидких материалов в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, химической, угольной, цементной, горно-обогатительной и горнорудной, металлургической. Также весовые порционные дозаторы «ВДД» могут без труда использоваться для весового дозирования компонентов и составляющих бетонных смесей, так как по техническим характеристикам полностью соответствуют требованиям ГОСТ на дозирование материалов для приготовления смесей в составе бетоносмесительных цехов и заводов. [4].

Комплект поставки на объект весового оборудования включает:

- Весоизмерительный вторичный преобразователь, весовой терминал Ньютон,
- Тензометрические силовые преобразователи, оснащенные узлами встройки,
  - Блок индикации БИЗ-8,
  - Кабель связи,
  - Коробка клеммная,
  - Бункер дозирующий,
  - Дозирующие исполнительные механизмы: пневмоцилиндры, задвижки, шнеки и так далее.

При заказе и поставке весового дозирующего оборудования выполняются следующие работы:

- Размещение и установка весового оборудования предприятием-заказчиком;
- Монтаж оборудования на объекте, встраивание в существующий технологический процесс, уточнение и достижение технических характеристик весового оборудования на объекте;
- Наладка оборудования и калибровка;

- Окончательные пусконаладочные работы;
- Обслуживание оборудования сервисное и выполнение ремонта.

Цель модернизации и реконструкции бетоносмесительных установок заключается в увеличении производительности, снижении себестоимости готовой продукции, существенном повышении качества бетонных смесей и в улучшении условий труда обслуживающего персонала. Достигается поставленная цель внедрением передового весового измерительного оборудования и полной автоматизацией всего производственного цикла.

Работы по модернизации и реконструкции дозировочно-смесительного оборудования должны производиться поэтапно. Необходимо провести технико-экономическое обоснование проекта по автоматизации оборудования, состояния действующего весового и смесительного оборудования, намеченных капитальных вложений, ожидаемого экономического и социального эффекта от внедрения научно-технических и инженерно-технических разработок проекта.

Предлагаемые этапы реконструкции и модернизации:

1. Замена бетоносмесителей, расходных бункеров, существующих исполнительных механизмов, шнеков, питателей и затворов на современные;
2. Замена существующих весодозирующих и весоизмерительных систем на современные тензометрические дозаторы;
3. Замена системы аспирации, системы подготовки воздуха и компрессоров;
4. Замена оборудования, работающего на сжатом воздухе;
5. Замена пультов ручного управления приготовлением бетонных смесей;
6. Внедрение автоматизированных систем управления производством бетонных смесей для перехода в автоматический режим работы. [5, 6].

Работы возможно выполнить с остановками оборудования в минимальные сроки. Весоизмерительное оборудование после выполнения необходимого монтажа, пусковых и наладочных работ сдается в эксплуатацию.

Перед началом проведения монтажных и пусконаладочных работ необходимо произвести полное обследование состояния дозировочного и смесительного оборудования. После этого формируются замыслы и предложения по реконструкции и модернизации бетоносмесительного участка, разрабатывается техническое задание на выполнение работ и требования, предъявляемые к автоматизированной системе управления дозированием и смешиванием.

Разработка АСУ дискретным дозирование компонентов бетонных смесей позволит существенно повысить качество приготавливаемых смесей за счет выполнения требований, предъявляемых к точности дозирования. Кроме того, автоматизированная система решит задачи учета расхода исходных материалов, особенно цемента, оперативного изменения состава смесей. Дозирование компонентов смеси производится с применением дозаторов дискретного действия ВДД.

Проведенный анализ оборудования и систем управления позволил сделать следующие выводы:

1. Создание АСУТП дозирования компонентов при производстве бетонных смесей диктуется настоятельной необходимостью увеличения производительности бетоносмесительных установок, существенного повышения точности дозирования, решение задач учета расхода компонентов и повышения культуры производства в целом.

2. Проведена оценка точности дозирования цемента весовым дозатором циклического действия в составе бетоносмесительных установок, что дало возможность обнаружить недостатки в существующей системе дозирования. [7, 8].

3. Выполнен анализ существующих на предприятиях систем управления. Отмечено, что перемещение материалов выполняется операторами при ручном управлении с пульта или щита управления. Причем основными технологическими датчиками при этом являются конечные выключатели. Предложено для совершенствования системы управления использовать контроллеры фирмы Omron. Такие контроллеры обеспечат путь к модернизации и реконструкции бетоносмесительных установок, позволят перейти на новый качественный уровень управления производством.

Структурная схема предлагаемого комплекса технических средств, осуществляющего автоматизированное весовое дозирование, показана на рис. 2.

Комплекс разработан на основе высоконадёжной современной элементной базы и позволяет решать вопросы автоматизации процессов дозирования и взвешивания. 14-слотовое шасси компьютера промышленного используют в качестве основы комплекса. Внутри устанавливается процессорная центральная плата, платы цифрового ввода-вывода, интерфейсов и контроллер монитора SVGA. Датчиками измерения веса являются тензорезисторные силоизмерительные датчики ДСТ, в последнее время



широко используемые в различных отраслях промышленности. К контроллеру монитора подключается монитор пылевлагозащищенного исполнения и устанавливается в комплект универсальный.

Комплект технических средств содержит блок питания БП30Б, сенсорную панель оператора СП307, модуль ввода тензодатчиков МВ110-4ТД, программируемый логический контроллер ПЛК110 (М02). Весовое технологическое оборудование включает дозаторы песка и щебня, оснащенные приводами сенсорных затворов, приводимых в действие непосредственно от ПЛК. Управление электродвигателем силоса цемента от преобразователя частоты ПЧВ1/2. Обмен данными между сенсорной панелью оператора, модулем ввода тензодатчиков, ПЛК и ПЧ по интерфейсу RS-485. Бункеры песка и щебня, емкость для воды с клапаном соленоидным, бункер цемента подвешены на тензодатчиках. Комплекс содержит необходимое и достаточное количество технических средств для реализации прямого цифрового управления дозаторами компонентов бетонных смесей. К тензометрическим датчикам подводится питание от промышленных источников. Недостаток подобной структуры – наличие погрешностей при передаче сигналов. Эти погрешности неизбежно возникают в низковольтной измерительной цепи чувствительной к силовым электромагнитным полям.

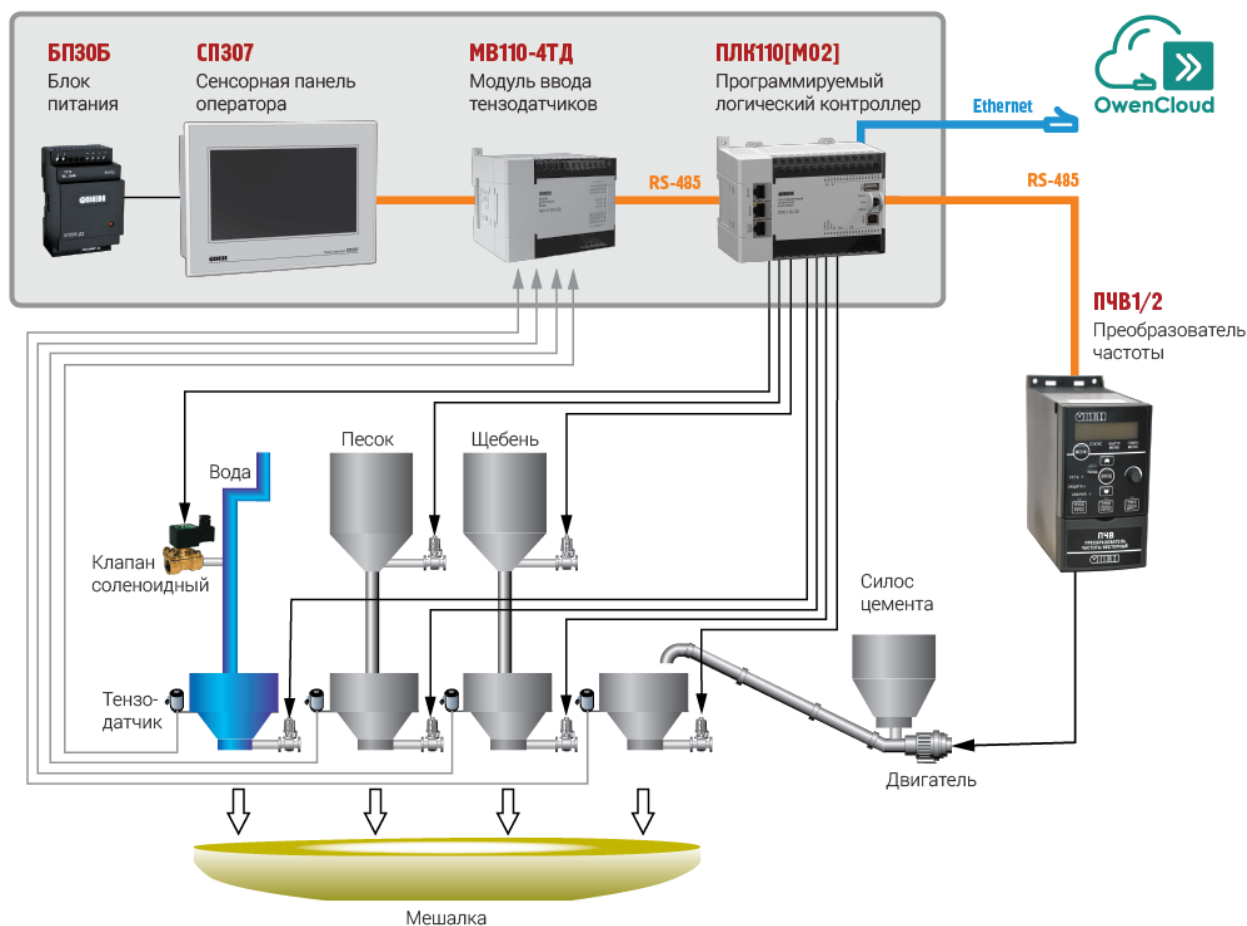


Рисунок 2 – Структурная схема КТС весового автоматизированного дозирования материалов

Копания Owen, лидер в области инноваций в промышленной автоматизации с 25-летним стажем, недавно представила еще несколько новинок. Новые модули обработки и сбора данных OWEN МСД-200 используют для прослушивания и опроса контроллеров, модулей ввода и приборов, которые имеют возможность передавать данные по интерфейсу RS-485. Модули имеют возможность архивировать данные на карту памяти SD, которые были получены с 64 точек измерения. Модули МСД-200 предоставят дополнительные возможности разработчикам распределенных систем управления на промышленном производстве. Новые изделия семейства Овен отличаются более прочным промышленным дизайном и дополнительными интеллектуальными функциями, а также встроенной поддержкой протокола Modbus - одного из наиболее широко применяемых протоколов связи в сфере промышленной автоматизации. [9].

## Основные функции и отличия нового модуля обработки данных МСД-200

- Передачи архивных данных по каналу GSM;
- Количество аналоговых входов - 4;
- При заполнении карты памяти существует возможность перезаписи данных;
- Анализ архивных данных;
- Автоматическое объединение архивов за определенный промежуток времени (несколько дней);
- Возможность цифровой подписи;
- Реализация через USB порт считывания данных и их конфигурирования из МСД-200;
- Различные варианты протоколов Modbus ASCII, Modbus RTU, OVEN;
- Возможность хранить информацию на картах емкостью до 32 Гб;
- Создание архива на карте SD;
- Архивирование данных на карту памяти, полученных с 64 точек измерения;
- Передача данных от приборов, поддерживающих интерфейс RS-485.

Система управления дозированием включает в себя следующие уровни:

- нижний уровень (полевое оборудование): весовое оборудование (тензометрические датчики, дозаторы, весоизмерительные контроллеры Schenck), исполнительные механизмы (шиберы, заслонки, клапаны, питатели и пр.), частотные преобразователи Mitsubishi Electric: применяются для первичной обработки и приема различных измерительных сигналов, характеризующих технологический процесс, и обеспечения выполнения команд управления технологическим процессом
- средний уровень (автоматическое управление и регулирование): программируемые логические контроллеры фирмы Mitsubishi Electric для реализации основных функций автоматического контроля и управления технологическими процессами бетонно-смесительного узла (System Q) и управления адресной подачей бетона (FX3U)
- верхний уровень (операторский контроль и управление): АРМ оператора, пульт ручного управления БСУ, пульт ручного управления адресной подачей бетона, АРМ лаборанта химлаборатории, АРМ диспетчера по приему заказов: используются для создания оптимального интерфейса связи оператора с системой, обеспечивающего возможность достоверной оценки

технологического процесса и оперативного принятия решений по его управлению. [10].

Система управления дозированием содержит:

– подсистему управления адресной подачей бетона: предназначена для оперативного контроля и управления маршрутами транспортировки бетона от бетоносмесителей (источники бетона) к потребителям (в цех или в автомобиль). Запуск и остановка маршрута может осуществляться вручную оператором с операторской панели, а также инициироваться автоматически по запросу от АСУТП БСУ. В автоматическом режиме сбор и управлением маршрутом подачи осуществляется контроллером автоматически на основании заданной для данного заказа адресной точки. При запуске маршрута вручную, оператор на операторской панели самостоятельно выбирает маршрут и активирует запрос запуска маршрута.

– подсистему коррекции по влажности с применением влагомеров Hydronix HydroProbe-II для песка и HydroMix-VII для мешалок: позволяет обеспечить требуемое качество бетонной смеси. Коррекция по влажности песка предусматривает автоматический пересчет заданий на дозирование воды и сыпучих материалов при изменении текущей влажности от базовой. Последующая коррекция по влажности бетона предусматривает перерасчет количества воды в ходе каждого замеса, которую следует добавить, чтоб обеспечить требуемое значение влажности бетона. Система коррекции может работать как в составе комплекса АСУТП, так и в отдельно-стоящем режиме.

В работе были решены актуальные научно-технические задачи автоматического управления процессами дискретного весового дозирования компонентов бетонных смесей. Основные результаты научно-технических исследований заключаются в следующем:

1. Изучены технологические особенности работы дозаторов дискретного действия, связанные с характером загрузки материала в грузоприемный орган, свойствами самих дозируемых материалов, вызывающих дополнительные возмущающие воздействия на процесс дозирования;

2. Предложена структура АСУ дозированием, позволяющая реализовывать прямое цифровое управление весоизмерительной системой дозатора дискретного действия, сохранять и архивировать необходимые технологические параметры работы самого дозатора, так и параметры его настройки, анализировать циклы дозирования, прошедшие в недавнем прошлом и вырабатывать такое оптимальное управляющее воздействием на

дозатор, которое минимизировало бы динамическую погрешность дозирования.

### Список литературы

1. Бокс, Дж. Анализ временных рядов: Прогноз и управление / Бокс Дж., Дженкинс Г.; Мир. – М., 1974, Вып. 1. – 406 с.

2. Дацук, К. А. Способ управления режимами дозирования и смешивания с применением вейвлет-преобразований / К. А. Дацук, Е. И. Князьков, Д. Б. Федосенков и др. // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Вып. 3(18). – С. 126–134.

3. Поляков, С. И. Автокорреляция и авторегрессия дискретного ряда дозирования сыпучих материалов / С. И. Поляков // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: материалы XIII-ой международной научно-технической интернет – конференции 1 ноября – 30 ноября 2014 года. – Брянск, 2014. – С. 89–92.

4. Поляков, С. И. Автоматизация дозирования и учета расхода компонентов бетонных смесей: специальность 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (промышленность)»: дис. ... канд. техн. наук: защищена 02.09.1994 / Поляков С. И.; «ВГТУ». – Воронеж, 1994. – 250 с.

5. Поляков, С. И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство / С. И. Поляков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса: межвуз. сборник научных трудов. – Воронеж, 2000. – С. 287–288.

6. Поляков, С. И. Математическая модель динамической погрешности дозирования. / С. И. Поляков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – № 6. Т. 7. – С. 74–76.

7. Поляков, С. И. Оценка точности дозирования сыпучего материала / С. И. Поляков // Актуальные проблемы лесного комплекса: сборник научных трудов. – Брянск, 2002. – Вып.5. – С. 78–81.

8. Поляков, С. И. Проблема точности дозирования материалов / С. И. Поляков // Проблемы и перспективы лесного комплекса: материалы межвузовской научно – практической Конференции. – Т. 2. – Воронеж, 2005. – С. 45–49.

9. Поляков, С. И. Прогноз дискретного ряда дозирования / С. И. Поляков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – № 6. Т. 8. – С. 33-35.

10. Поляков, С. И. Исследование автоматического управления переместительными операциями на базе контроллера OMRON // Поляков С. И., Короборчев Р. Н. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.-техн. конф. 2018г. №4 (40) – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ», 2018. – 403 с.

### References

1. Box, J. Time series analysis: Forecast and management / Box J., Jenkins G.; World. – M., 1974, Issue. 1. – 406 p.

2. Datsuk, K. A. A method for controlling dosing and mixing modes using wavelet transforms / K. A. Datsuk, E. I. Knyazkov, D. B. Fedosenkov, etc. // Equipment and technology of food production. – 2010. – Issue. 3(18). – pp. 126–134.

3. Polyakov, S.I. Autocorrelation and autoregression of a discrete series of dosing of bulk materials / S.I. Polyakov // Forestry complex: state and development prospects: materials of the XIIIth international scientific and technical Internet conference November 1 - November 30, 2014. – Bryansk, 2014. – pp. 89–92.

4. Polyakov, S.I. Automation of dosing and accounting for the consumption of components of concrete mixtures: specialty 05.13.07 “Automation of technological processes and production (industry)”: dis. ...cand. tech. Sciences: protected 02.09.1994 / Polyakov S.I.; "VSTU". – Voronezh, 1994. – 250 p.

5. Polyakov, S. I. Introduction of a modular dosing control system into production / S. I. Polyakov // Mathematical modeling, computer optimization of technologies, parameters of equipment and systems of the forestry complex: interuniversity. collection of scientific works. – Voronezh, 2000. – pp. 287–288.

6. Polyakov, S.I. Mathematical model of dynamic dosing error / S. I. Polyakov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2011. – No. 6. T. 7. – pp. 74–76.

7. Polyakov, S.I. Assessment of the accuracy of dosing of bulk material / S.I. Polyakov // Current problems of the forestry complex: collection of scientific works. – Bryansk, 2002. – Issue 5. – pp. 78–81.

8. Polyakov, S.I. The problem of accuracy of dosing materials / S.I. Polyakov // Problems and prospects of the forestry complex: materials of the interuniversity scientific and practical Conference. – T. 2. – Voronezh, 2005. – pp. 45–49.

9. Polyakov, S.I. Forecast of a discrete dosing series / S.I. Polyakov // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2012. – No. 6. T. 8. – pp. 33-35.

10. Polyakov, S. I. Study of automatic control of moving operations based on the OMRON controller // Polyakov S. I., Koroborchev R. N. Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: Collection of scientific papers of All-Russian Scientific and Technical. conf. 2018 No. 4 (40) - Voronezh: FSBEI HE "VSLTU", 2018. - 403 p.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМ ВЕСОВЫМ  
ДОЗИРОВАНИЕМ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ  
AUTOMATION OF CONTROL OF DISCRETE WEIGHT DOSING  
OF BULK MATERIALS OF CONCRETE MIXTURES**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения весового дискретного дозирования сыпучих материалов для строительных смесей и созданию автоматизированной системы управления процессом дискретного весового дозирования

**Abstract:** The article is devoted to the development of algorithmic support for weight discrete dosing of bulk materials for building mixes and the creation of an automated control system for the process of discrete weight dosing

**Ключевые слова:** весовое дозирование, алгоритм, автоматизированная система, управление, бетонные смеси, структурная схема, тензодатчик

**Keywords:** weight dosing, algorithm, automated system, control, concrete mixtures, block diagram, load cell

Процесс весового дозирования сыпучих материалов по настоящее время является весьма актуальным для многих отраслей промышленности, не являются исключением и предприятия строительной индустрии.

Автоматизация взвешивания и дозирования тел с достижением требуемой точности при сохранении заданной производительности является важной народнохозяйственной задачей.



Важно правильно выбрать технические средства, рассчитать и создать измерительные каналы по передаче весоизмерительной информации. Средства автоматизации должны иметь унифицированные выходы, серийно выпускаться промышленностью и входить в ГСП.

Технические средства, входящие в ГСП, легко агрегируются, имеют пылевлагозащищенное исполнение, к ним предъявлен единый ряд требований по входным и выходным параметрам, климатическому исполнению. Наиболее ответственной задачей выбора является обеспечение средством автоматизации требуемой точности. И именно на таких средствах должны создаваться современные системы автоматического управления процессами дозирования компонентов смесей.

Необходимо отметить, что ведущие фирмы-разработчики средств управления и автоматизации предлагают сегодня потребителю широкую номенклатуру изделий. Компании Овен, Сименс, Мицубиси и другие поставляют на рынок не только отдельные изделия и средства, но и готовые схемотехнические решения в области автоматизации процессов дозирования и взвешивания. Кроме того, для этих средств разработано специальное и прикладное программное обеспечение. Проектировщикам систем управления процессами дозирования необходимо сделать обоснованный выбор средств из имеющейся номенклатуры и адаптировать к производственным условиям заводов ЖБИ и бетоносмесительных установок. Резкие перепады температур, влажности, электромагнитные поля от силового оборудования, вибрация в производственных условиях предъявляют повышенные требования к средствам автоматизации.

Весовые дозаторы, выпускаемые промышленностью за последние годы модернизируются, переходят от рычажных весоизмерительных систем к тензометрическим, меняются эргономические свойства дозаторов. Весовые дозаторы порционного действия при соблюдении точности дозирования по массе формируют дозу материала. Датчик веса передает фактическое значение по массе дозы в микропроцессорную систему управления, где оно сравнивается с заданным и вычисляется ошибка дозирования для каждого цикла.

По принципу работы тензодатчик представляет собой тензорезистор, который испытывает деформацию от веса дозируемого материала и изменяет свое полное сопротивление на выходе. То есть тензодатчик реализует тензорезистивный эффект. Контактная поверхность тензорезисторов датчика

прикреплена к весоизмерительной поверхности. На рис. 1 изображен один из вариантов технической реализации измерения веса порционным периодическим весовым дозатором. Грузоприемная платформа (чаща) подвешена на четырех тензодатчиках, измерительная информация которых передается на тензометрический преобразователь сигналов Z-SG. Для передачи вторичной аппаратуре весоизмерительной информации используется аналоговый выход или протокол Modbus. К отличительным характеристикам преобразователя сигналов можно отнести точность обработки и высокую скорость. [1, 2].

Технологическое весоизмерительное оборудование, состоящее из расходных бункеров сыпучих материалов для песка и щебня, дискретного дозатора и короткого ленточного транспортера, оснащенное функциональными измерительными тензометрическими модулями на базе тензодатчиков, показано на рис. 1.

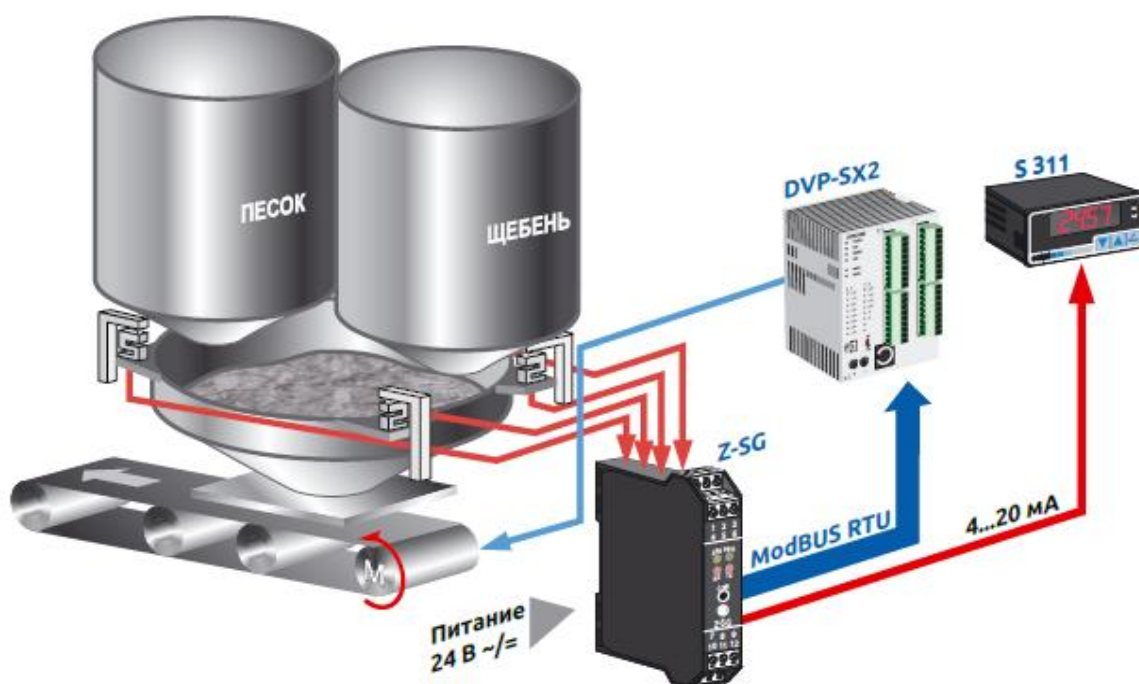


Рисунок 1 – Принцип работы тензометрического модуля Z-SG на базе S-образных тензодатчиков

Вторичная аппаратура S311 отображает на пульте управления весовыми дозаторами весоизмерительную информацию о фактическом значении веса дозы. Связь с модулем Z-SG реализуется нормированным сигналом 4...20 мА. По протоколу Modbus RTU от модуля Z-SG через вторичный исполнительный

блок DVP-SX2 выполняется управление транспортером, находящимся под грузоприемной платформой. Модуль DVP-SX2 предназначен для аналогового ввода сигналов и, кроме того, имеет встроенный ПИД-регулятор, обеспечивающий плавную работу грузоприемного транспортера. Выход DVP-SX2 необходимо завести на исполнительные секторные затворы (на схеме не показано) для регулирования подачи сыпучего материала (песка и щебня). По сути, организация процесса весоизмерения по рисунку 16 представляет собой классический контур автоматического регулирования накапливаемого веса дозы.

Важным обстоятельством работы тензометрических датчиков является их подключение к вторичной измерительной аппаратуре. Три основных составных элемента, образующих измерительный канал по передаче информации, показаны на рис. 2. К ним относятся собственно тензодатчик, соединительная коробка и сам весовой терминал.

Соединительная коробка выполняет параллельное подключение двух тензодатчиков к одному весовому терминалу. Причем соединение может быть выполнено по четырехпроводной или по шестипроводной схеме. Нумерация контактов здесь такая: 1 +питание, 2 –питание, 3 +сигнал датчика, 4 –сигнал датчика, 5 +обратная связь, 6 –обратная связь. Подобное простое и унифицированное подключение датчиков к вторичным цепям позволит оперативно и безошибочно выполнить коммутацию на объекте.

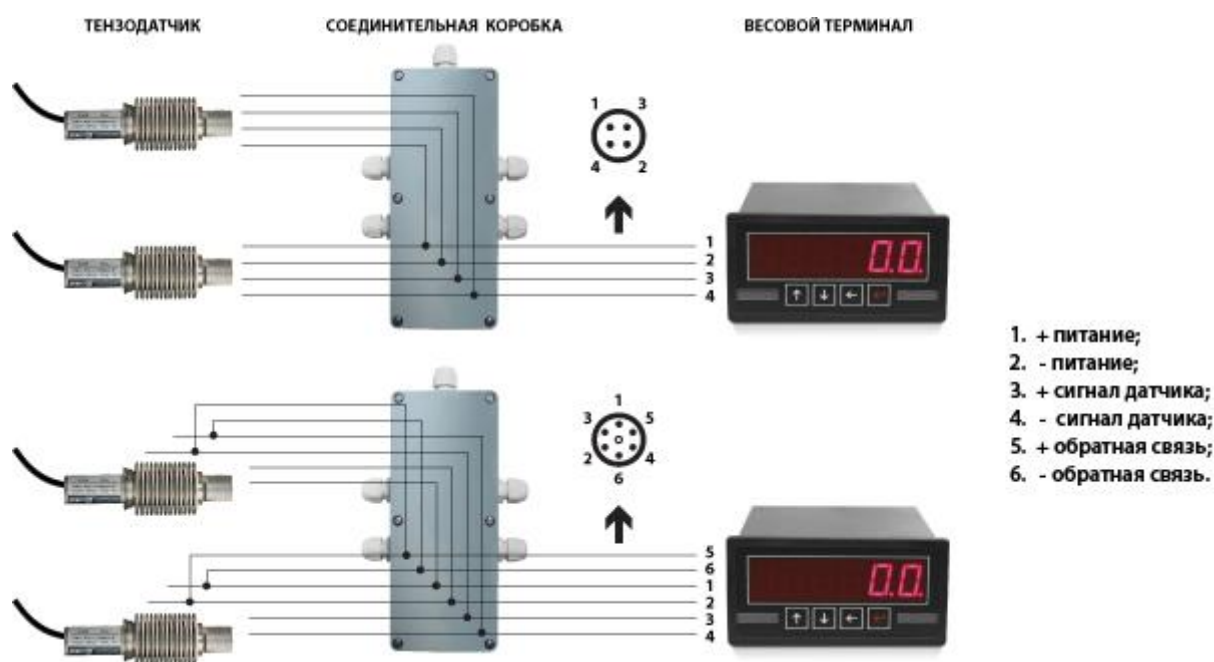


Рисунок 2 – Подключение датчиков к вторичной измерительной аппаратуре

Мостовые схемы:

– Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 1 входной канал (4-х проводная схема подключения). Измерения проводятся относительно виртуального канала генератора.

– Мостовая схема 4-х проводного подключения к тензостанции. Мостовая схема подключения тензорезисторов (полный мост). Для подключения к тензостанции используется 2 входных канала: измерительный и опорный. Измерения проводятся относительно опорного канала.

– Мостовая схема, 6-ти проводного подключения к тензостанции. Подключение нескольких тензомостов к тензостанции с использованием 1 опорного канала. Используется, когда измерительные точки находятся на небольших расстояниях. [3].

Особые меры предосторожности необходимо выполнять, проводя монтаж соединительных проводов и кабелей, идущих от тензоизмерительных датчиков. Необходимо соблюдать требования по прокладке таких цепей, относящихся к измерительным. Для этого используют коаксиальные кабели, экранированные провода, витые пары. Кроме того, может быть применено для передачи измерительной информации помехоустойчивое кодирование. Необходимо подойти с особой тщательностью к определению путей прокладки трасс измерительных и информационных проводов. Недопустимо расположение таких трасс проводов вблизи силового технологического оборудования, мощных электродвигателей, источников питания, а также магнитных пускателей, создающих особенный вред и помехи при их коммутации. Возможно применение, так называемого, удаленного размещения вторичной аппаратуры измерительного канала непосредственно около самого датчика.

В настоящее время промышленностью освоен широкий ряд различных тензодатчиков, отличающихся как по конструктивному исполнению, техническим характеристикам, так и по применению.

Тензометрические датчики в последнее время широко внедряются в производство, в том числе в качестве датчиков массы. Используя принцип сжатия чувствительного элемента меняющего суммарное сопротивление, такие датчики легко подключаются к вторичной преобразовательной аппаратуре со стандартным выходом и далее к компьютеру.

Отечественной промышленностью выпускается станция тензометрическая ZET 017-T8 для выполнения тензоизмерений. Может быть использована для автоматизации дозаторов дискретного действия. Станция имеет встроенную функцию записи измерительных сигналов и высокую точность проводимых измерений. Тензостанция ZET 017-T8 позволяет обеспечивать измерения сразу по нескольким каналам и реализовать автономный режим работы. Кроме того, отличается разными вариантами присоединения к промышленному компьютеру.

В комплекте к тензометрической станции ZET 017-T8 находится программное обеспечение ZETLAB TENSO. Программное обеспечение для выполнения тензоизмерений представляет собой пакет прикладных программ. Кроме того, для обработки, анализа и вывода результатов измерительных сигналов станция обеспечена дополнительными функциями.

Выполнение подключения датчиков к тензостанции ZET 017-T8, имеющей в своем составе

- усилитель измерительного сигнала для тензодатчиков;
- функцию тарировки измерительного информационного канала;
- питание тензодатчиков переменным или постоянным напряжением;
- соединение тензорезисторов по полумостовой и мостовой схеме.

Тензостанция ZET 017-T8 способна вести обработку информационных сигналов от различных первичных измерительных преобразователей, выполненных на тензорезисторах – датчиков перемещения, датчиков силы, датчиков крутящего момента и, конечно, тензометрических силовых датчиков.

К основным функциям станции относятся:

- создание сигналов различной амплитуды, частоты и формы;
- анализ входных информационно-измерительных сигналов;
- вывод измерительных сигналов в виде различных фигур;
- вывод преобразованных измерительных сигналов во времени для входных каналов;
- видоизменение измерительных сигналов от тензометрического датчика по калибровочным таблицам;

Основная комплектация тензостанции ZET 017-T8 содержит:

- USB 2 – кабель,
- блок питания модуля станции 220/12 В,
- программное обеспечение ZETLAB TENZO, поставляемое на диске,
- техническое руководство пользователя,

- техническое руководство по эксплуатации тензостанции,
- собственно тензометрическая станция.

Станция осуществляет связь с промышленным компьютером по шине USB 2.0.

Компьютер с тензостанцией связан по интерфейсу Ethernet. Питание выполняется или от блока питания модуля станции 220/12 В, или по линии Ethernet.

Для тензостанции возможен автономный режим работы. Алгоритм работы в этом режиме следующий: А). Тензостанция подключается к промышленному компьютеру и формируется программа работы в автономном режиме. В). Выполняются измерения показаний, и результат измерений записывается на SD-карту. С). На третьем этапе работы снова устанавливается связь промышленного компьютера с тензостанцией. D). С SD-карты полученные данные записываются на компьютер и в последствии ведется их обработка. [4, 5].

Программное обеспечение ZETLAB TENSO обеспечивает выполнение следующих операций и функций:

- обработка данных по их фильтрации,
- логические, математические и арифметические операции над данными,
- пропорционально–интегрально–дифференциальное регулирование измеряемого параметра.

Алгоритм управления дискретного весового дозирования представлен на рис. 3.

Данные могут обрабатываться из других программ, файлов, а также от блоков АЦП.

Система тензометрическая измерительная СТММ может применяться для измерения тензорезисторных сигналов и сигналов тензорезисторных мостов при весовом дискретном дозировании компонентов бетонных смесей.

Систему тензометрическую измерительную СТММ можно использовать на предприятиях стройиндустрии, а также в бетоносмесительных цехах, где необходимо получить достоверную информацию о статическом и динамическом весе при дозировании материалов порционными весовыми дозаторами дискретного действия.

Рассмотрим работу тензометрической системы для ее адаптации к весовым дискретным дозаторам. В начале необходимо убедить в правильности

подключения и создания информационно-измерительного канала расположенных на дозаторе тензорезисторных мостов и тензорезисторов.

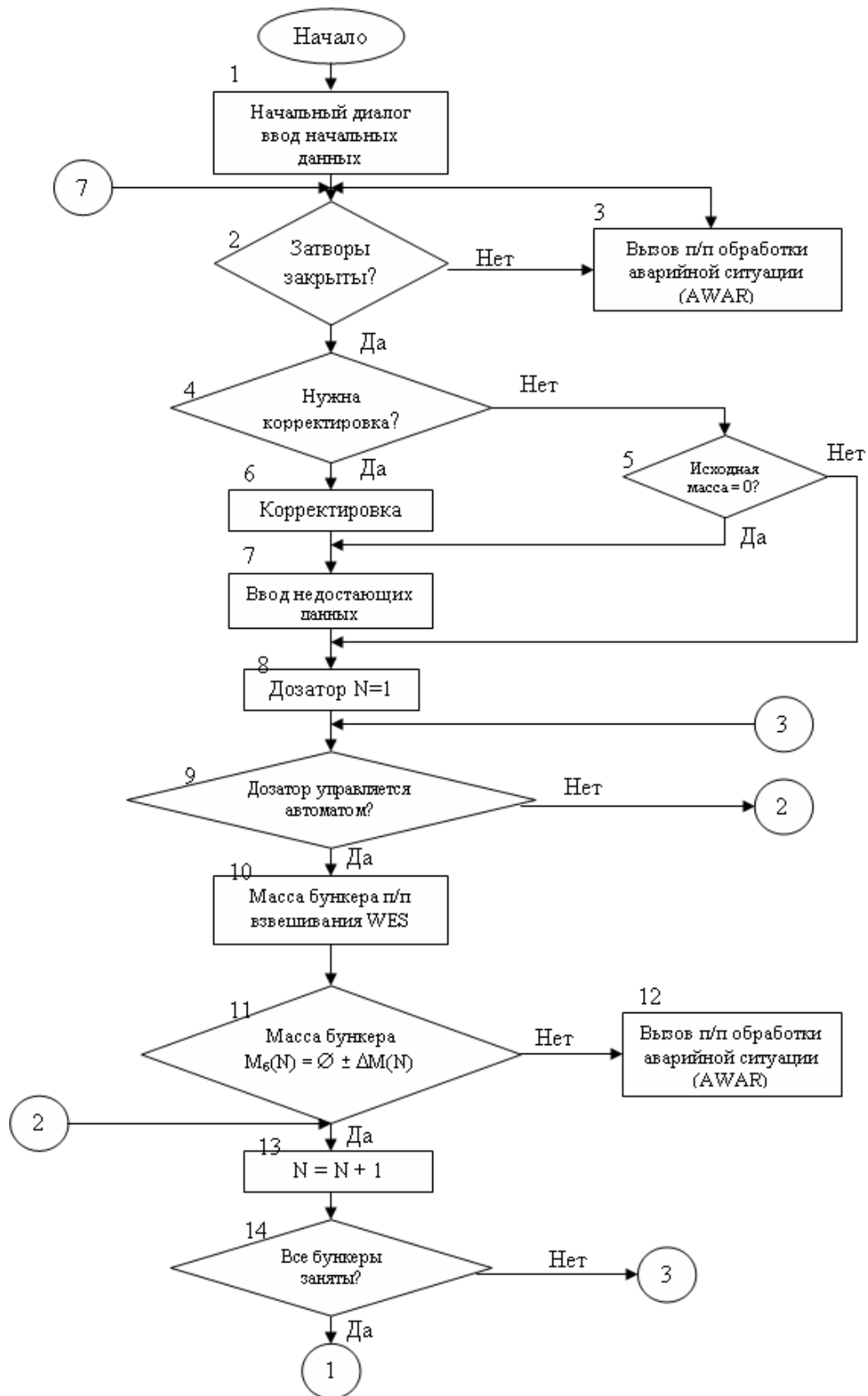


Рисунок 3

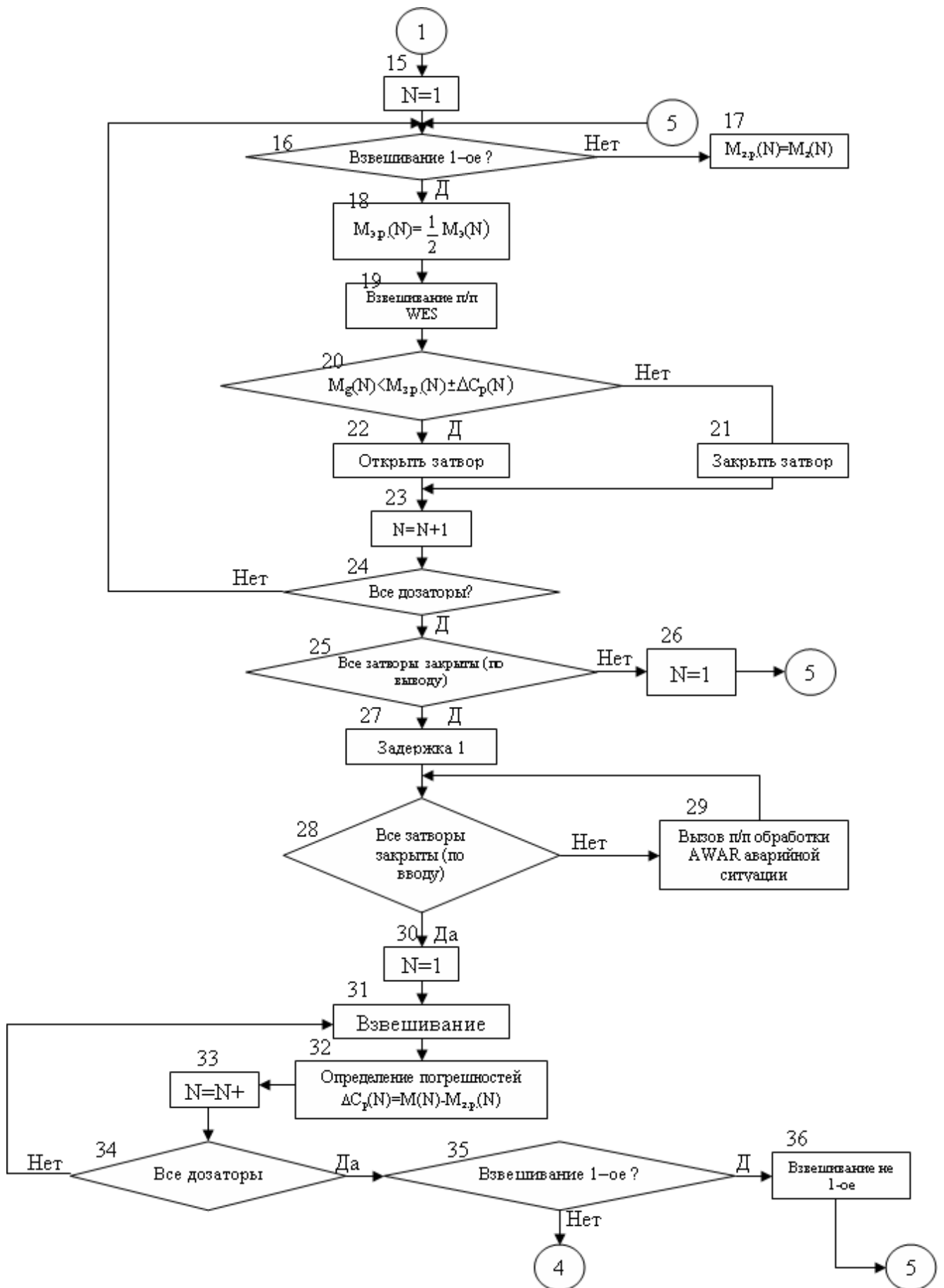


Рисунок 3 (продолжение)



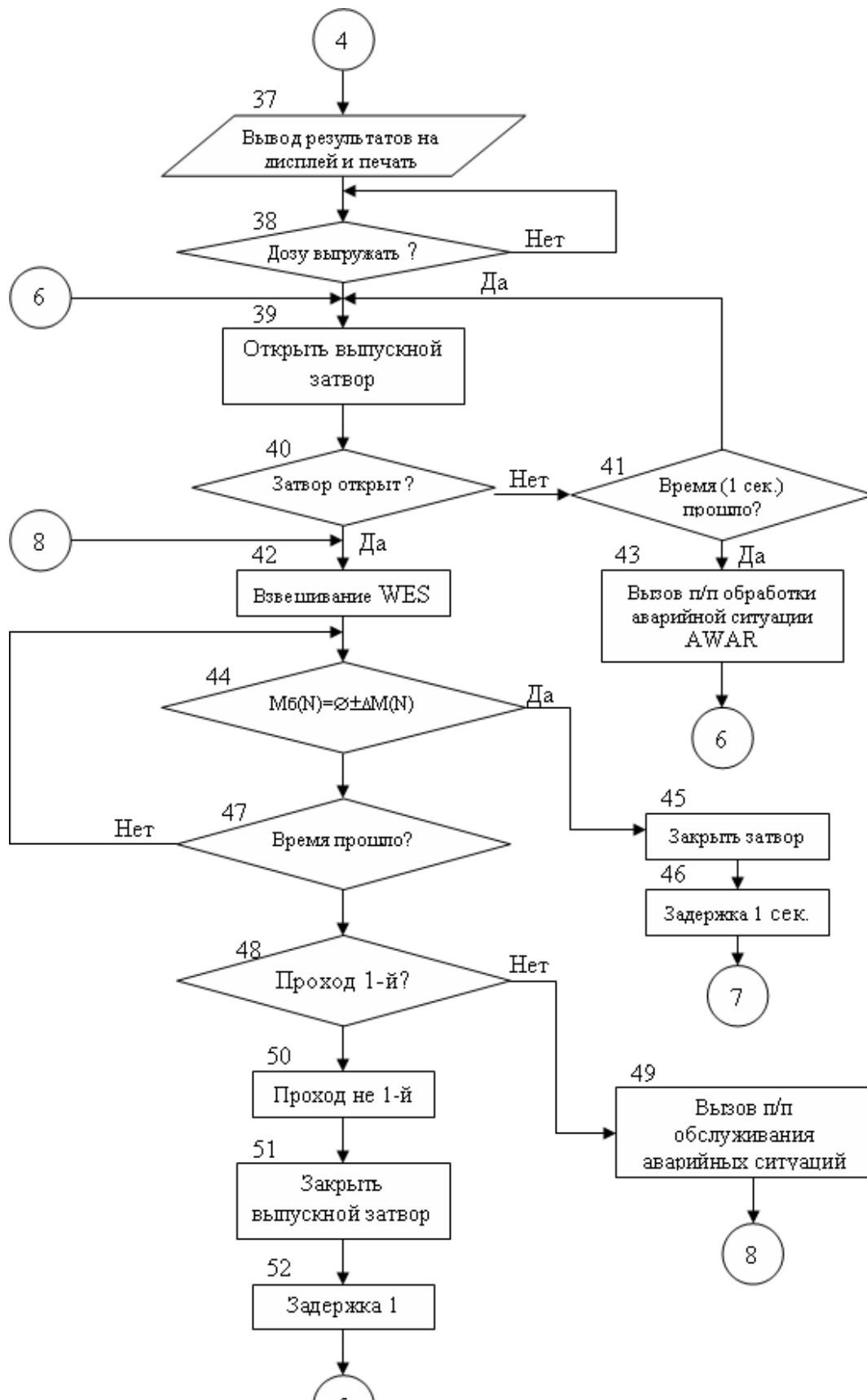


Рисунок 3 (окончание) – Структурная схема алгоритма управления процессом дискретного весового дозирования материалов

На этой стадии работы указывают место расположения датчиков и их номера, данные заносятся в электронные таблицы. Для различных групп тензорезисторных мостов и тензорезисторов в исходных данных заносят режимы измерений. Нагружают дозатор и на определенных ступенях нагрузки производят контрольные замеры с записью данных и указанием времени цикла.

Адреса опрашиваемых тензорезисторных мостов и тензорезисторов и сам измерительный модуль выбираются в соответствии с командой оператора. На персональный компьютер по системе RS-485 передаются полученные результаты измерений. В компьютере результаты обрабатываются и выдаются затем пользователю в графическом и табличном виде.

Через последовательный порт RS-232 персональный компьютер управляет процессом измерений по заданной программе. В системе со всеми измерительными тензометрическими модулями происходит по стандарту RS-485 обмен информацией.

Полученный измерительный сигнал усиливается и поступает в АЦП. В контроллере тензометрической системы выполняется цифровая фильтрация измерительного сигнала поступающего с АЦП. Далее сигнал поступает в буферную память, затем в персональный компьютер в соответствии с командой оператора.

Также по команде оператора для контроллера измерительного модуля от тензорезисторных мостов и тензорезисторов выполняется измерение сигналов тензометрическим модулем. Дешифрация команды происходит в контроллере. В результате происходит соединение запрашиваемого тензорезисторного моста или тензорезистора.

Автоматизированная система управления дозированием компонентов бетонных смесей на базе тензодатчиков приведена на рис. 4. [6, 7].

В работе были решены актуальные научно-технические задачи автоматического управления процессами дискретного весового дозирования компонентов бетонных смесей.

Основные результаты научно-технических исследований заключаются в следующем:

1. Изучены технологические особенности работы дозаторов дискретного действия, связанные с характером загрузки материала в грузоприемный орган, свойствами самих дозируемых материалов, вызывающих дополнительные возмущающие воздействия на процесс дозирования;

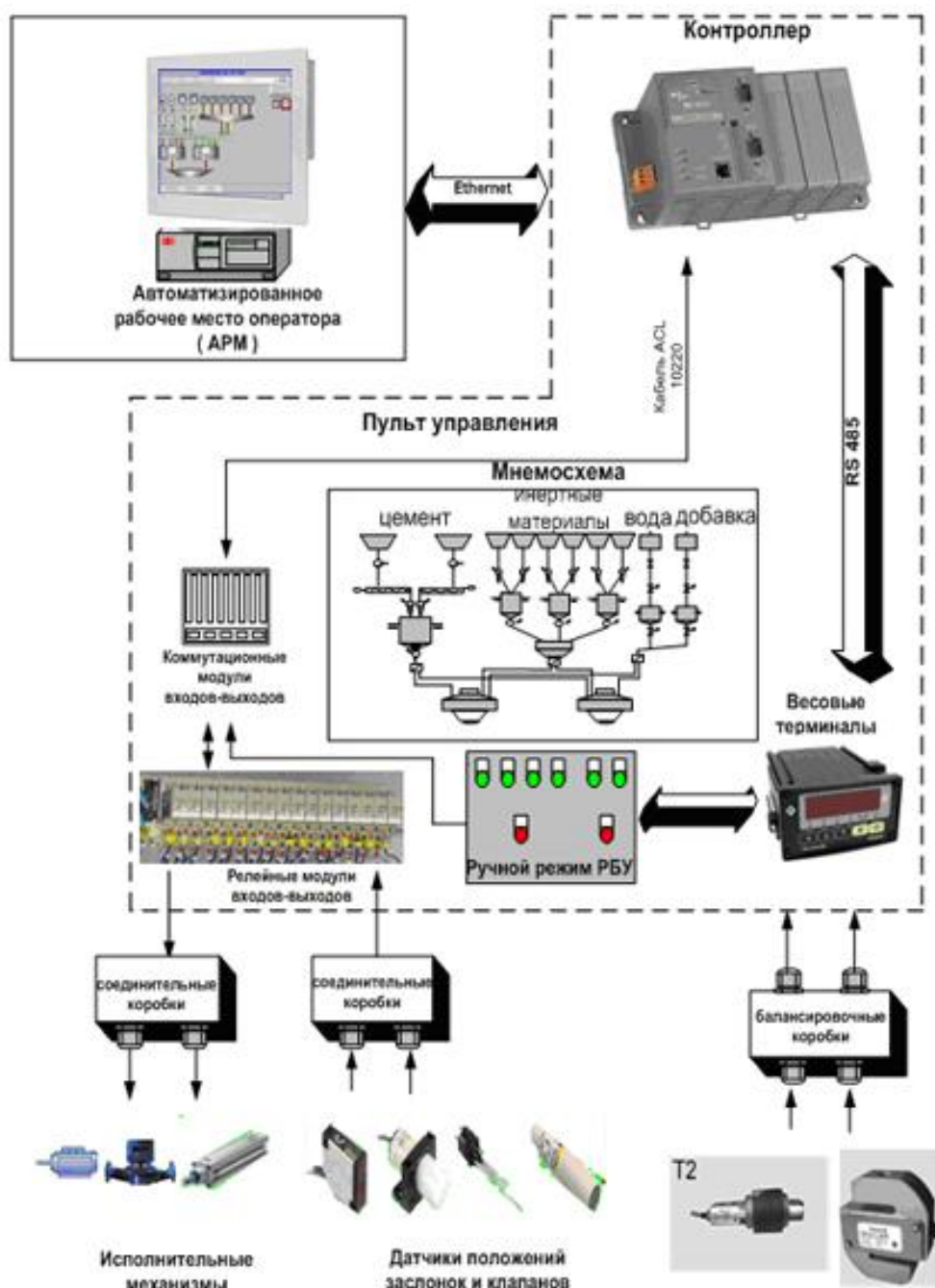


Рисунок 4 – Структурная схема АСУ ТП дозирования материалов

2. Предложена структура АСУ дозированием, позволяющая реализовывать прямое цифровое управление весоизмерительной системой дозатора дискретного действия, сохранять и архивировать необходимые технологические параметры работы самого дозатора, так и параметры его настройки, анализировать циклы дозирования, прошедшие в недавнем прошлом и вырабатывать такое оптимальное управляющее воздействием на дозатор, которое минимизировало бы динамическую погрешность дозирования.

### Список литературы

1. Рачков, М. Ю. Технические измерения и приборы / М. Ю. Рачков. – Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2007. – 200 с. – ISBN 978-5-276-01184-4.
2. Поляков, С. И. Метрологические характеристики процесса дозирования сыпучих тел / С. И. Поляков // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: материалы Всероссийской научно – практической конференции. – Красноярск, 2002. – Т. 2. – С. 130-135.
3. Поляков, С. И. Исследование автоматического управления переместительными операциями на базе контроллера OMRON // С. И. Поляков, Р. Н. Короборчев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : Сб. науч. тр. по матер. Всероссийской науч.–техн. конф. 2018г. №4 (40) – Воронеж : ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2018. – 403 с.
4. Поляков, С. И. Техническое обеспечение дозирования компонентов бетонных смесей с тензометрической весоизмерительной системой / С. И. Поляков, А. С. Ухин, С. Г. Челышев // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2020. – № 31. – С. 108-112.
5. Поляков, С. И. Автоматизация дозирования и учета расхода компонентов бетонных смесей: специальность 05.13.07 : дис. ... канд. техн. наук / Поляков Сергей Иванович. – Воронеж, 1994. – 250 с.
6. Поляков, С. И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство / С. И. Поляков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса : межвузовский сборник научных трудов / Под редакцией В. С. Петровского; Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации, Воронежская государственная лесотехническая академия. Том Выпуск 5. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2000. – С. 287-288.
7. Поляков, С. И. Проблема точности дозирования материалов / С. И. Поляков // Проблемы и перспективы лесного комплекса : Материалы Межвузовской научно-практической конференции, Воронеж, 26–27 мая 2005 года / Под редакцией авторов; Федеральное агентство по науке и инновациям, Администрация Воронежской области, Воронежская государственная лесотехническая академия. Том 2. – Воронеж: Типография ООО "Сатурн", 2005. – С. 45-49.

## References

1. Rachkov, M. Yu. Technical measurements and instruments / M. Yu. Rachkov. – Ed. 2nd, revised and additional – M.: MGIU, 2007. – 200 p. – ISBN 978-5-276-01184-4.
2. Polyakov, S. I. Metrological characteristics of the process of dosing bulk solids / S. I. Polyakov // Chemical forestry complex - problems and solutions: materials of the All-Russian scientific and practical conference. – Krasnoyarsk, 2002. – T. 2. – P.130-135.
3. Polyakov, S. I. Study of automatic control of moving operations based on the OMRON controller // Polyakov S. I., Koroborchev R. N. Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: Collection. scientific tr. by mother All-Russian Scientific and Technical. conf. 2018 No. 4 (40) - Voronezh: FSBEI HE "VSLTU", 2018. - 403 p.
4. Polyakov, S. I. Technical support for dosing components of concrete mixtures with a strain gauge weighing system / S. I. Polyakov, A. S. Ukhin, S. G. Chelyshev // New materials and technologies in mechanical engineering. – 2020. – No. 31. – P. 108-112.
5. Polyakov, S.I. Automation of dosing and accounting for the consumption of components of concrete mixtures: specialty 05.13.07: dis. ...cand. tech. Sciences / Polyakov Sergey Ivanovich - Voronezh, 1994. - 250 p.
6. Polyakov, S. I. Introduction of a modular dosing control system into production / S. I. Polyakov // Mathematical modeling, computer optimization of technologies, equipment parameters and control systems of the forestry complex: interuniversity collection of scientific papers / Edited by V. S. Petrovsky ; Ministry of General and Professional Education of the Russian Federation, Voronezh State Forestry Academy. Volume Issue 5. – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after. G.F. Morozova, 2000. – P. 287-288.
7. Polyakov, S. I. The problem of accuracy of dosing materials / S. I. Polyakov // Problems and prospects of the forestry complex: Materials of the Interuniversity Scientific and Practical Conference, Voronezh, May 26–27, 2005 / Edited by the authors; Federal Agency for Science and Innovation, Administration of the Voronezh Region, Voronezh State Forestry Academy. Volume 2. - Voronezh: Printing house "Saturn" LLC, 2005. - P. 45-49.

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАГРУЗКОЙ  
ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ МЕХАНИЧЕСКОГО УЧАСТКА  
AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR LOADING TURNING  
AND MILLING MACHINES OF THE MECHANICAL SECTION**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

**Брызгалин В.В., студент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

**Bryzgalin V.V., student**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе рассматривается организация системы управления токарно-фрезерными станками. Рассмотрены вопросы обеспечения системы автоматизированного управления загрузкой станков. Применено устройство подачи прутка ДН-65/65L. Выполнен обзор технических средств и принципа действия барфидера. Устройство подачи позиционируется логическим контроллером. Приведены схема интерфейса и окно программы выбора параметров работы.

**Abstract:** The paper considers the organization of the control system for turning and milling machines. The issues of providing an automated control system for loading machines are considered. A rod feeder ДН-65/65L was used. An overview of the technical means and the principle of operation of the barfeeder is performed. The feeding device is positioned by a logic controller. The diagram of the interface and the window of the program for selecting operation parameters are given.

**Ключевые слова:** автоматизация, программа, барфидер, подача, контроллер.

**Keywords:** automation, program, barfeeder, feed, controller.

Барфидер устанавливается сзади токарного станка настолько близко, насколько это возможно. Максимальное расстояние между станком и барфидером не должно превышать 100 мм. Другими словами, длина прутковой заготовки не должна превышать длину шпинделя [1], [2].

Внешний вид устройства подачи прутка приведен на рис. 1.

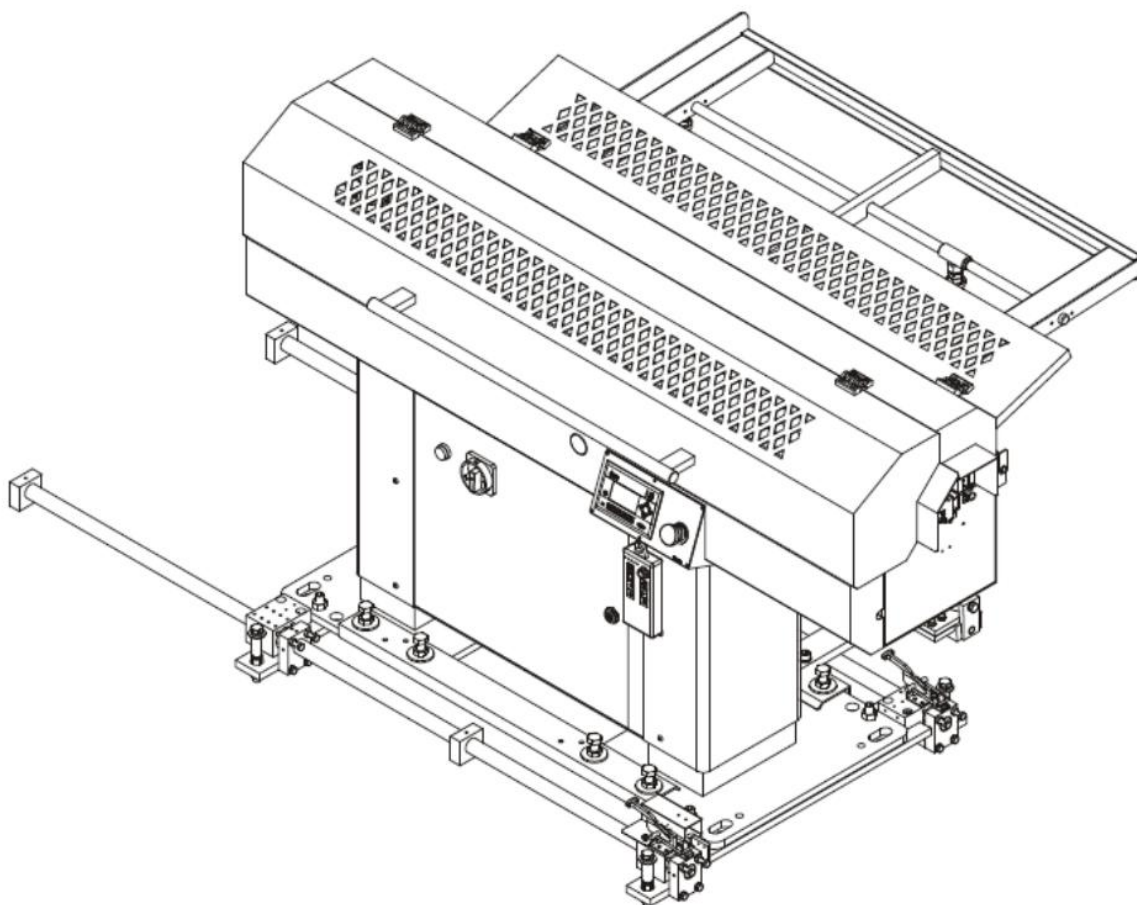


Рисунок 1 – Внешний вид барфидера DH-65/65L

Выключатель QF2 контролирует однофазный переменный ток в 110В, питающий PLC. Если требуемая мощность одной фазы превышает 4А, выключатель срабатывает и подключает 2 фазы.

Программируемый логический контроллер PLC обрабатывает сигналы, поступающие от интерфейса, датчиков и выносного пульта и определяет выводы в соответствии с логикой программы. Помимо этого PLC обеспечивает НМІ постоянным током 24 В.

Мостовой выпрямитель преобразует переменный ток трансформатора и обеспечивает подачу постоянного тока в 24 В к бесконтактным выключателям, интерфейсу, выносному пульту, электромагнитным клапанам и зуммеру.

Интерфейс отображает все сигналы, передаваемые от барфидера станку и обратно. Кабель подключения интерфейса, который служит для передачи сигналов интерфейса поставляется компанией FEDEK. Разъем для подсоединения обеспечивает производитель токарного станка. Доступен широкий диапазон интерфейсов, отвечающих запросам каждого станка. Схема устанавливаемого интерфейса находится в электрошкафу. Перед подключением барфидера необходимо убедиться, что установленный интерфейс подходит конкретному токарно-фрезерному станку.

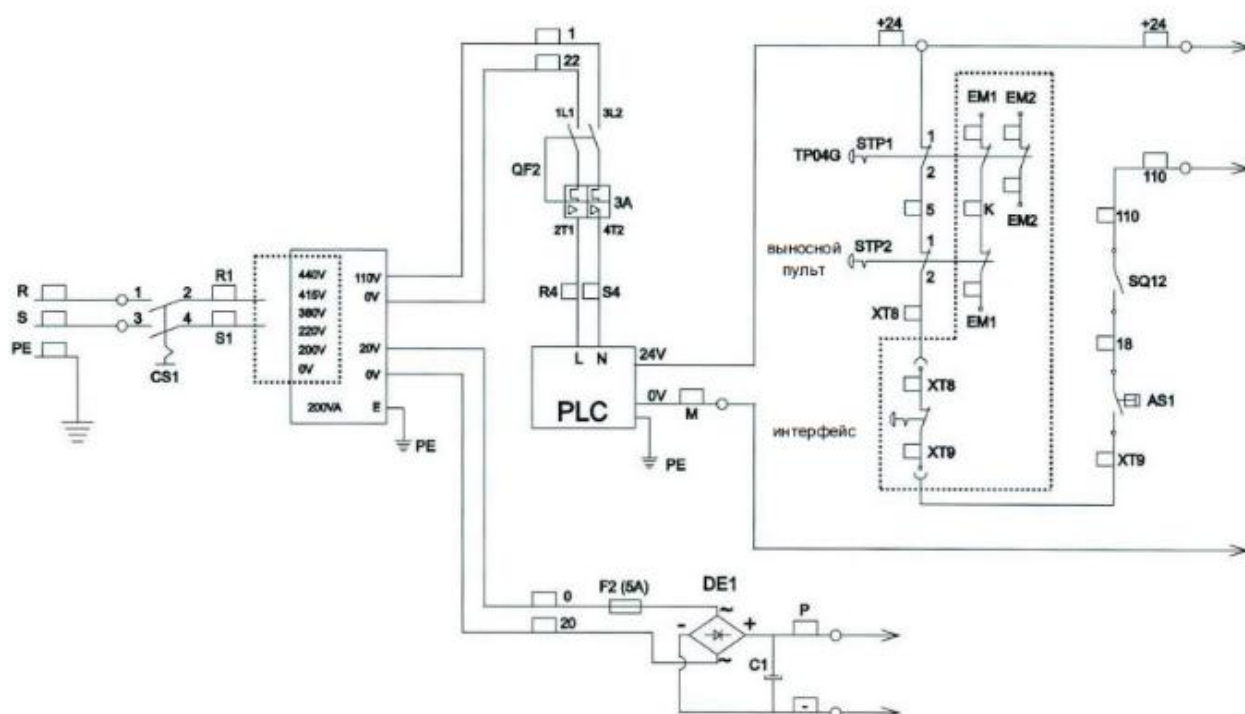


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема управления устройством подачи прутка DH-65/65L

Схема, представленная ниже, называется схемой универсального интерфейса. Если при заказе тип токарного станка не конкретизируется, барфидер комплектуется универсальным интерфейсом. Схема универсального интерфейса представляет большинство сигналов, которые были подключены к клеммам интерфейса барфидера заранее. Во время подключения провода следует подсоединять/отсоединять в соответствии с интерфейсом, поставляемым со станком. Схема интерфейса приведена на рис. 3.



Все сигналы от станка передаются за счет постоянного тока барфидера, 24В. При активации соответствующего реле станка, постоянный ток идет через соответствующий контакт и возвращается к PLC. PLC получает сигналы станка.

Сигнал патрона необходим для подтверждения статуса токарного патрона (цанги, зажимного приспособления). Данный сигнал запускает подачу и процесс смены прутка как самостоятельно, так и в комбинации с другими сигналами.

При активации определенного сигнала барфидера, срабатывает соответствующее реле, и посылается сигнал к станку. Интерфейс барфидера предлагает провода для контактов NO (нормально разомкнутых) и NC (нормально замкнутых). Пользователь выполняет соединения в соответствии с логикой сигнала станка.

При активации тревожного сигнала в барфидере, активируется реле R1. Включается соответствующий контакт, и сигнал посылается станку в соответствии с логикой монтажного соединения. Для обеспечения безопасности сигнал приведет к остановке шпинделя.

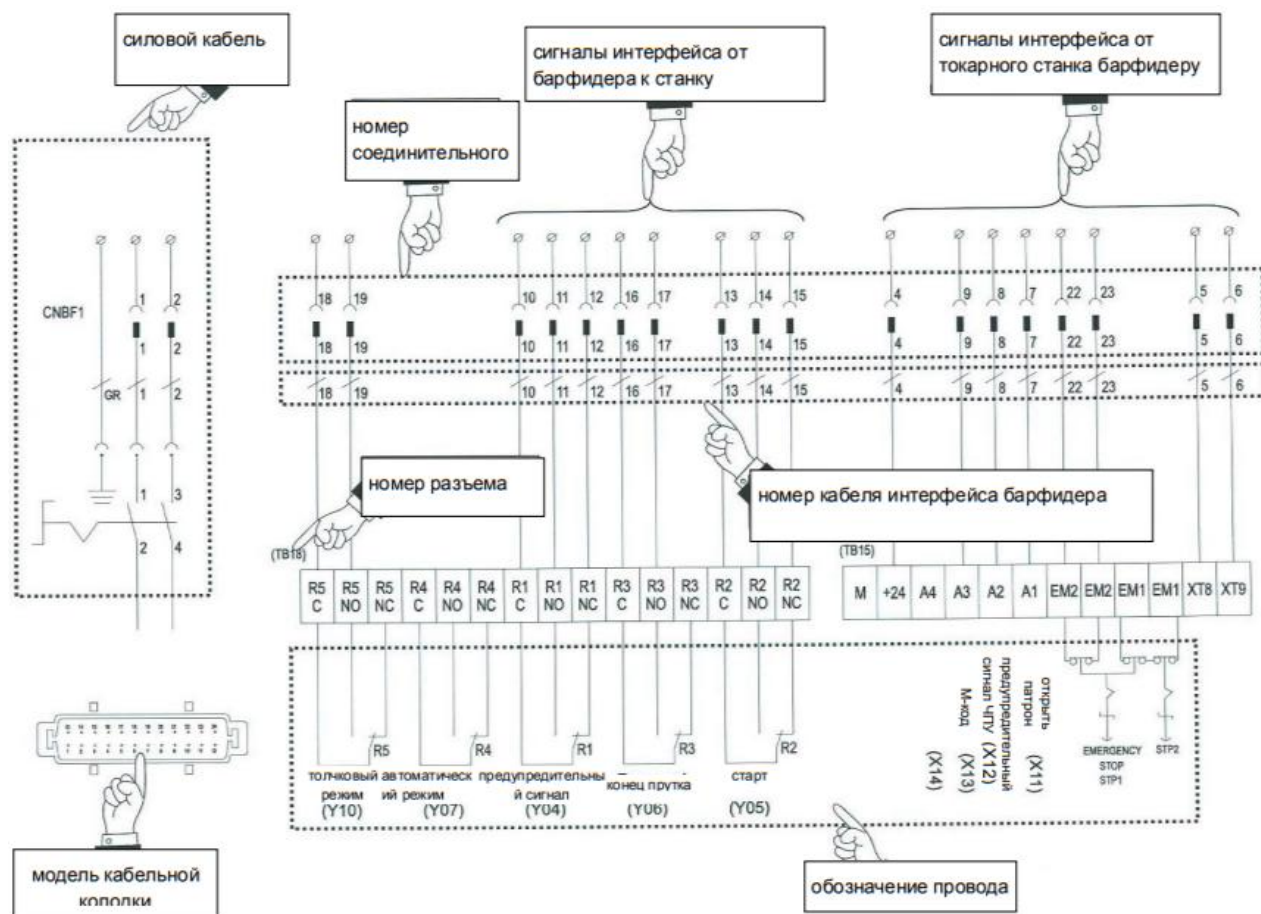


Рисунок 3 – Схема универсального интерфейса

При остановке толкателя датчик AS2 активируется сам, затем активируя реле R2. Как правило, данный сигнал подтверждает удар прутка об ограничитель во время подачи, таким образом вызывая закрытие токарного патрона.

Когда толкатель во время подачи достигает позиции КОНЕЦ ПРУТКА, активируется реле R3. Сигнал используется для указания того, что оставшаяся длина прутковой заготовки не достаточна для обработки целой детали соответственно длине детали, установленной параметром P02.

Предохранительный датчик крышки магазина соединяет при установке корпус барфидера и крышку магазина. При закрытой крышке контакт NO посылает сигнал к входному контакту X17 программируемого логического контроллера. Барфидер может быть переключен в режим готовности к автоматическому циклу работы. При открытии защитной панели главного доступа замыкается контакт NC и посылает сигнал к входному контакту X16 логического контроллера. Барфидер может быть переключен в ручной режим, если до этого он работал в автоматическом режиме [3], [4].

Предохранительный датчик системы отведения устанавливается на опорной стойке барфидера, а фиксатор на системе отведения. При блокировке системы отведения контакт NO замыкается и удерживает цепь аварийной остановки в замкнутом состоянии. При открытии защитной панели главного доступа замыкается контакт NO и посылает сигнал к входному контакту X16 логического контроллера. Барфидер может быть переключен в ручной режим, если до этого он работал в автоматическом режиме.

Система загрузки состоит из пруткового магазина, щупа загрузки, стопоров и загрузочных цилиндров. Эта система служит для хранения и загрузки прутков в подающий канал. Чтобы прутки загружались мягко в автоматическом режиме, система должна быть правильно отрегулирована в соответствии с профилем и размерами прутков.

Система подачи состоит из сборного толкателя, бесштокового устройства передачи и устройства измерения верхней обрезки. С помощью этой системы бесштоковый цилиндр управляет движением толкателя вперед и назад и обеспечивает подачу прутков.

Параметры работы устройства подачи прутка наиболее часто приходится менять при работе в автоматическом режиме. Все рабочие параметры могут быть изменены в соответствии с требованиями обработки. После выбора параметров работы, появится следующий экран на рис. 4.

Устройство подачи позиционируется логическим контроллером. Толкатель был разработан таким образом, чтобы останавливаться при помощи ограничителя внутри токарного станка. Всякий раз, когда патрон открыт и станок находится в автоматическом режиме, толкатель подается вверх каждый раз, пока не достигнет стопора или не дойдет до конца. Когда толкатель останавливается ограничителем, активируется AS2 и на ПЛК посылается сигнал. Устройство подачи получает сигнал об остановке прутка и отправляет сигнал запуска токарному танку с помощью интерфейса.

Прежде, чем начать процесс смены прутка, шпиндель должен быть освобожден от остатка предыдущего, чтобы освободить место для нового. Положение, где толкатель выбрасывает остаток, называется позицией удаления прутка. Первое движение прутка выполняется сразу после загрузки в податчик прутка. Цель – переместить пруток полностью из загрузчика (то есть вставить в шпиндель) [5].

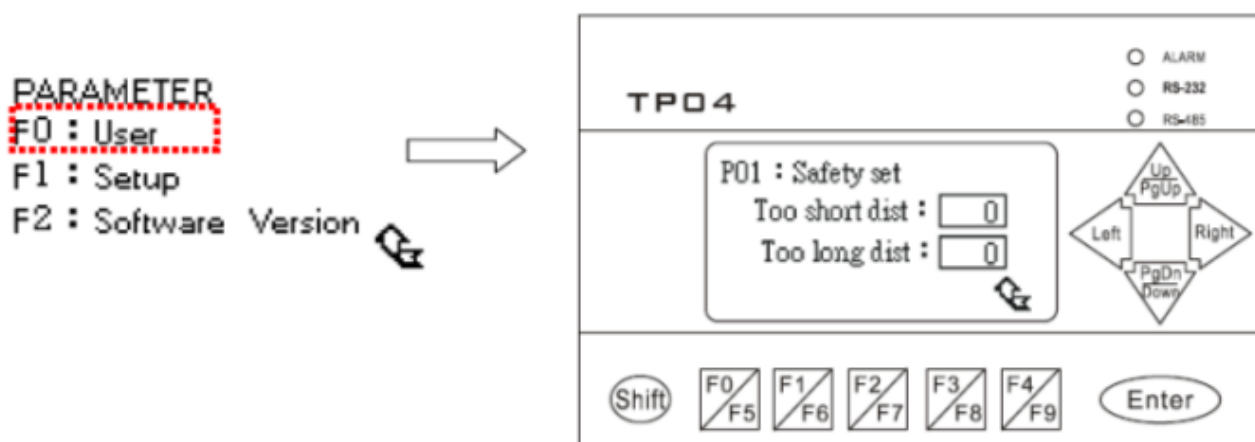


Рисунок 4 – Экран монитора (дисплея)

Приведем пример алгоритма управления работой стандартной программы.

Старт смены прутка начинается после получения сигнала КОНЕЦ ПРУТКА. Если программа отобрана, податчик прутка повторяет процедуры ниже: 1) Закрытие патрона; 2) Толкатель возвращается в начальное положение; 3) Обработка; 4) Загрузка нового прутка; 5) Открытие патрона; 6) Первая подача (P08); 7) Возврат толкателя в начальное положение; 8) Подача токарного станка; 9) Позиция Начальной отрезки; 10) Сигнал СТАРТ.

## Список литературы

1. Лысенко, Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. / Э.В. Лысенко. – М.: Радио и связь, 2007. – 129 с.
2. Елизаров, И.А. Технические средства автоматизации. Программно – технические комплексы и контроллеры / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Т. Схиртладзе, С.В. Фролов. – М. : Машиностроение – 1, 2004. – 180 с.
3. Черников, Б.В. Информационные технологии управления / Б.В. Черников. – М.: Инфра-М, 2008. – 352 с.
4. Поляков, С.И. Автоматика и автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / С.И.Поляков; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2007. – 373 с.
5. Поляков, С.И. Проектирование систем управления : учеб. пособие / С.И. Поляков, Н.П. Зуйкин. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – 133 с.

## References

1. Lysenko, E.V. Design of automated process control systems. / E.V. Lysenko. – M.: Radio and Communications, 2007. – 129 p.
2. Elizarov, I.A. Technical means of automation. Software and technical complexes and controllers / I.A. Elizarov, Yu.F. Martemyanov, A.T. Skhirtladze, S.V. Frolov. – M.: Mechanical Engineering – 1, 2004. – 180 p.
3. Chernikov, B.V. Information technologies of management / B.V. Chernikov. – M.: Infra-M, 2008. – 352 p.
4. Polyakov, S.I. Automation and automation of production processes: textbook. allowance / S.I.Polyakov; Fed. Education Agency, State Educational Institution of Higher Professional Education "VGLTA". – Voronezh, 2007. – 373 p.
5. Polyakov, S.I. Design of control systems: textbook. allowance / S.I. Polyakov, N.P. Zuykin. – Voronezh: VGLTA, 2001. – 133 p.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСКРЯЖЕВКИ И СОРТИРОВКИ  
ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ  
AUTOMATION OF BUCKING AND SORTING OF TIMBER**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

**Мишанин А.С., студент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

**Mishanin A.S., student**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе рассматривается организация технологического процесса раскряжевки и сортировки круглых лесоматериалов, особенности управления процессами. Произведено оснащение технологических процессов средствами автоматизации. Представлены результаты анализа, выбора параметров систем управления на базе измерителей «Растр» и «Вектор». Разработана структурная схема АСУ ТП сортировки лесоматериалов. Приведены особенности работы измерителей диаметров и длин.

**Abstract:** The paper considers the organization of the technological process of bucking and sorting of round timber, the features of process management. Technological processes have been equipped with automation tools. The results of the analysis and selection of parameters of control systems based on the "Raster" and "Vector" meters are presented. A block diagram of the automated process control system for sorting timber has been developed. The features of the operation of diameter and length meters are given.

**Ключевые слова:** автоматизация управления, раскряжевка, сортировка, измеритель диаметров и длин, структурная схема

**Keywords:** control automation, bucking, sorting, diameter and length meter, block diagram.

Раскряжéвка хлыстов представляет собой наиболее распространенный вид первичной обработки древесного сырья. При раскряжéвке хлыстов выпиливаются круглые лесоматериалы в виде сортиментов, которые характеризуются диаметром в вершине, длиной и объемом. Для снижения затрат труда на операции раскряжевкки и повышения уровня механизации в промышленности все шире внедряются автоматизированные раскряжевочные агрегаты и автоматические линии. Рациональной раскряжевкой считается такая, при которой получается наибольший выход деловой древесины, обеспечивающий выполнение плана предприятия по сортиментам высокого качества с минимумом отходов. Поэтому раскряжевкка хлыстов на сортименты является одной из основных и важных технологических операций. Выпиливаемые сортименты по размерам и качеству должны строго соответствовать действующим ГОСТам. При раскряжевкке хлыстов любой породы следует руководствоваться качественным рядом сортиментов, то есть последовательным расположением сортиментов той или иной породы в зависимости от их производственного значения, качества и ценности [1], [2].

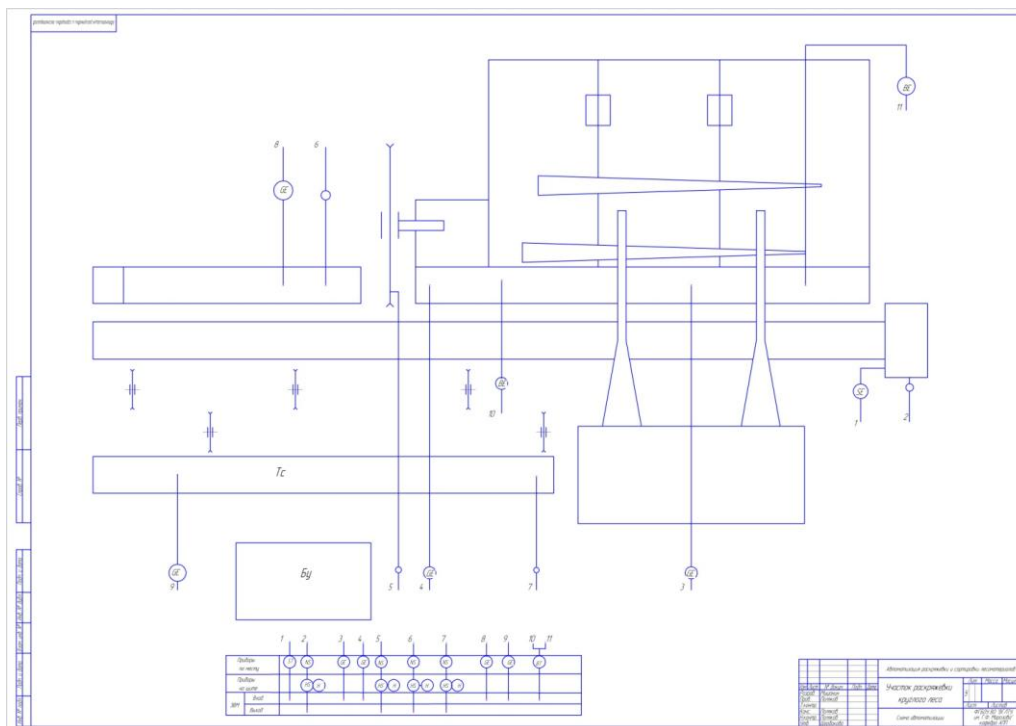


Рисунок 1 – Схема автоматизации процесса раскряжевкки лесоматериалов

Схема автоматизации раскряжевки круглых лесоматериалов включает в себя контур регулирования скорости вращения вала двигателя подающего конвейера, а так же управления надвиганием пилы АЦ-3С. Хлыст приближается к зоне пиления, где замедляется и фиксируется прижимными роликами. После остановки хлыста пила надвигается для оторцевки. После чего возвращается в верхнее положение. После заказа длины, хлыст перемещается на длину сортимента, после чего процесс повторяется. Отпиленный сортимент сбрасывается на сортировочный транспортер, вершинная часть подается на трехпильный блок, где разделяется на сортименты постоянной длины.

Информация с датчиков скорости и положения (энкодеров) поступает на вход микроконтроллера Simatic 7-200. В соответствии с программой происходит управление двигателем транспортера, а так же приводом пилы. На схеме предусмотрены кнопки для ручного пуска, остановки механизмов.

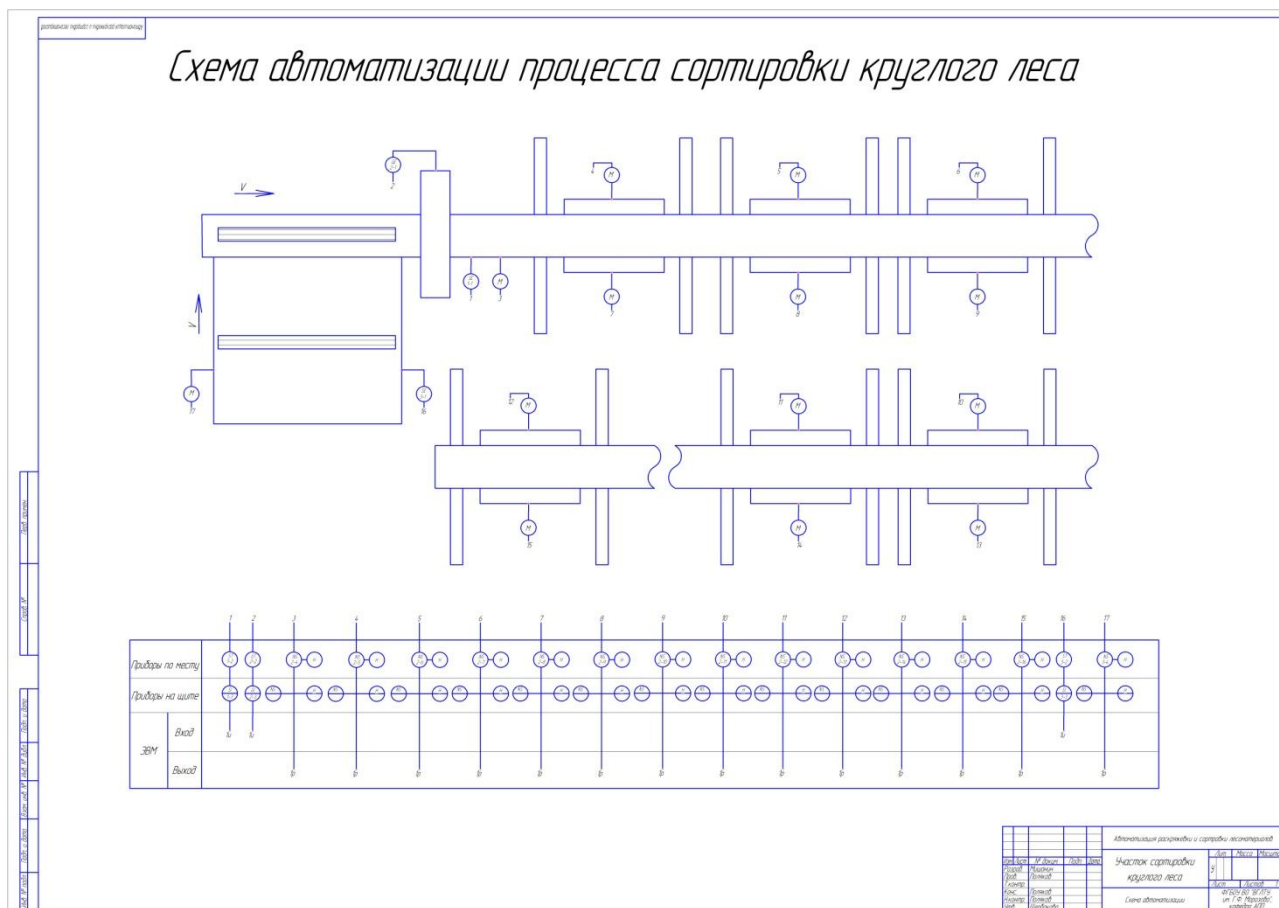
Для автоматизации сортировки и сброски сортиментов применяются различные управляющие устройства, все они должны отвечать целому ряду требований, важнейшими из которых являются точность сброски сортиментов, обеспечение длительной работы на открытом воздухе и невысокая стоимость. Сортировка бревен по размерам – наиболее важная операция, так как от нее в основном зависит рациональное использование древесины. Сортировка бревен по качественным признакам должна найти широкое применение при освоении предприятиями автоматизированных сортировочных транспортеров, так как оператор, освободившись от работы по измерению бревен, может сосредоточить все внимание на оценке их качества. Бревна по качеству следует подбирать в зависимости от размерно–качественной характеристики вырабатываемых пиломатериалов. Сортировка по качеству имеет большое значение при выработке высококачественных пиломатериалов.

Каждое бревно, поданное на сортировочный транспортёр, проходит зону измерителя «Растр», где автоматически определяется его диаметр, длина и ориентация комля. Если это необходимо, то при нахождении бревна в створе измерителя или по выходу бревна из измерителя оператор визуально определяет качество лесоматериала и нажимает соответствующую ему кнопку на своем пульте.

Сопоставляя полученные таким образом параметры с заложенной таблицей (программой) сортировки, компьютер системы автоматически

назначает каждое бревно в соответствующий ему накопитель и начинает отслеживать его перемещение по транспортёру.

При подходе бревна к назначенному накопителю, компьютер выдаёт команду на включение сбрасывателя и после его срабатывания бревно попадает в нужный накопитель. Одновременно все сведения об этом бревне заносятся в учётную сводку.



**Рисунок 2 – Схема автоматизации процесса сортировки лесоматериалов с измерителем «Растр»**

На схеме автоматизации представлены сортировочный конвейер, измеритель длин и диаметров «Растр», сбрасыватели. Процесс сортировки круглого леса происходит следующим образом. Необходимым условием для начала работы линии является наличие бревна на сортировочном конвейере, об этом сигнализирует датчик наличия бревна. Когда это условие соблюдено, то конвейер включается и выходит на его номинальную скорость. После того как конвейер вышел на номинальную скорость работы, бревно попадает в зону измерителя «Растр», где срабатывают фотодатчики, и происходит измерения длины бревна. Когда бревно попадает в створ измерителя, срабатывает таймер; после выхода бревна из измерителя таймер останавливается. Данные с таймера



и измерителя поступают на ЭВМ, где по заданной программе сортировке выбирается номер сбрасывателя. При подходе бревна к назначенному накопителю, компьютер выдаёт команду на включение сбрасывателя и после его срабатывания бревно попадает в нужный накопитель. Одновременно все сведения об этом бревне заносятся в учётную сводку. В схеме предусмотрен ручной режим управления сбрасывателями. Если выходит из строя автоматическая система управления сбрасывателями, то на щите у оператора установлены кнопки ручного управления на щите управления [3], [4].

Автоматизация процесса сортировки круглого лесоматериала при помощи установки измерителя геометрических параметров бревен «Вектор» позволяет снизить время отгрузки круглого лесоматериала под заказ различных предприятий, так как в определенный лесонакопитель сбрасываются бревна заказанной номенклатуры определенным предприятием.

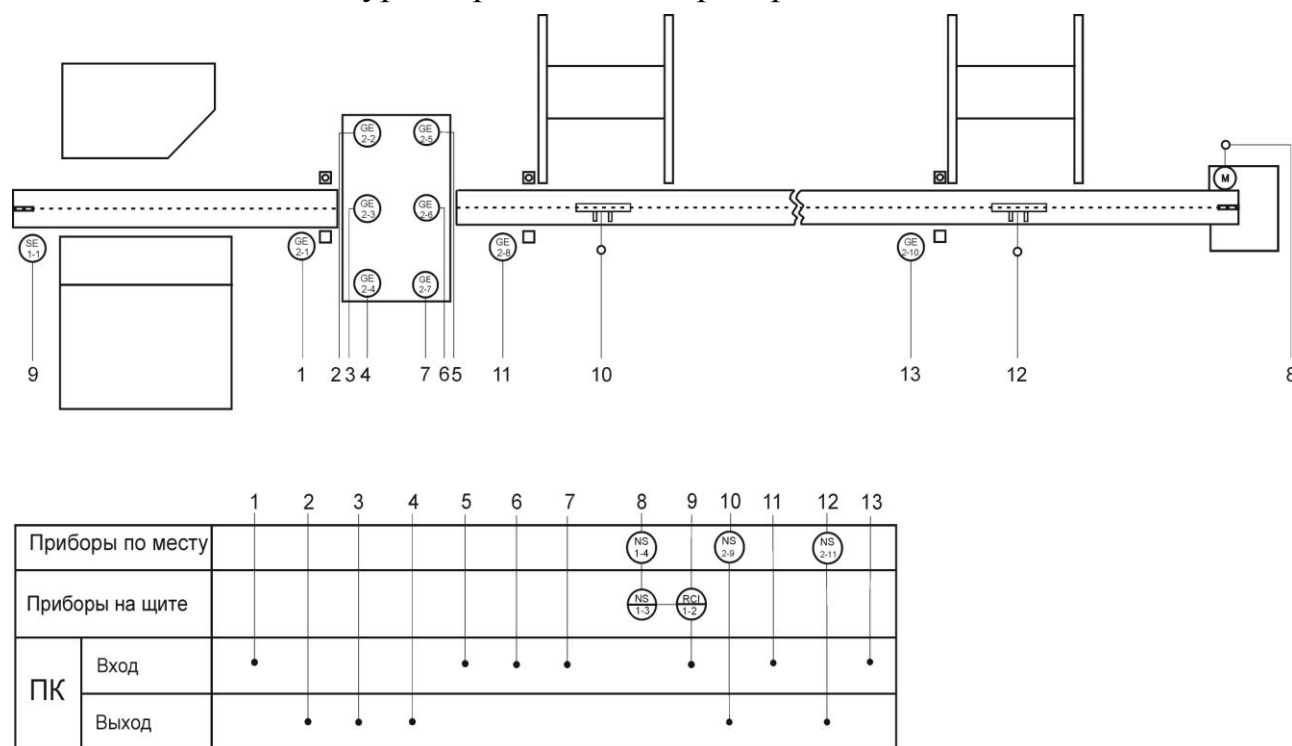


Рисунок 3 – Схема автоматизации сортировки с измерителем «Вектор»

Сортимент подается на транспортер устройством поштучной подачи. По транспортеру сортимент перемещается к зоне измерителя Вектор 3Д. Перед измерителем установлен фотодатчик, сигнализирующий оператору о наличии сортимента в зоне измерения. После прохождения зоны измерения сигнал от видеокamer подается на видеоплату ПК, где происходит его обработка специальным программным обеспечением, поставляемым вместе с измерительным блоком. После анализа данных вырабатывается управляющее

воздействие, определяющее номер сбрасывателя. Это воздействие поступает на модуль управляющий ОВЕН МВУ8, который запускает соответствующий сбрасыватель. Датчик скорости и микроконтроллер образуют контур управления скоростью подачи транспортера.

Двигатель подачи, микроконтроллер, датчик hubner amg 10 составляют контур регулирования скорости подачи.

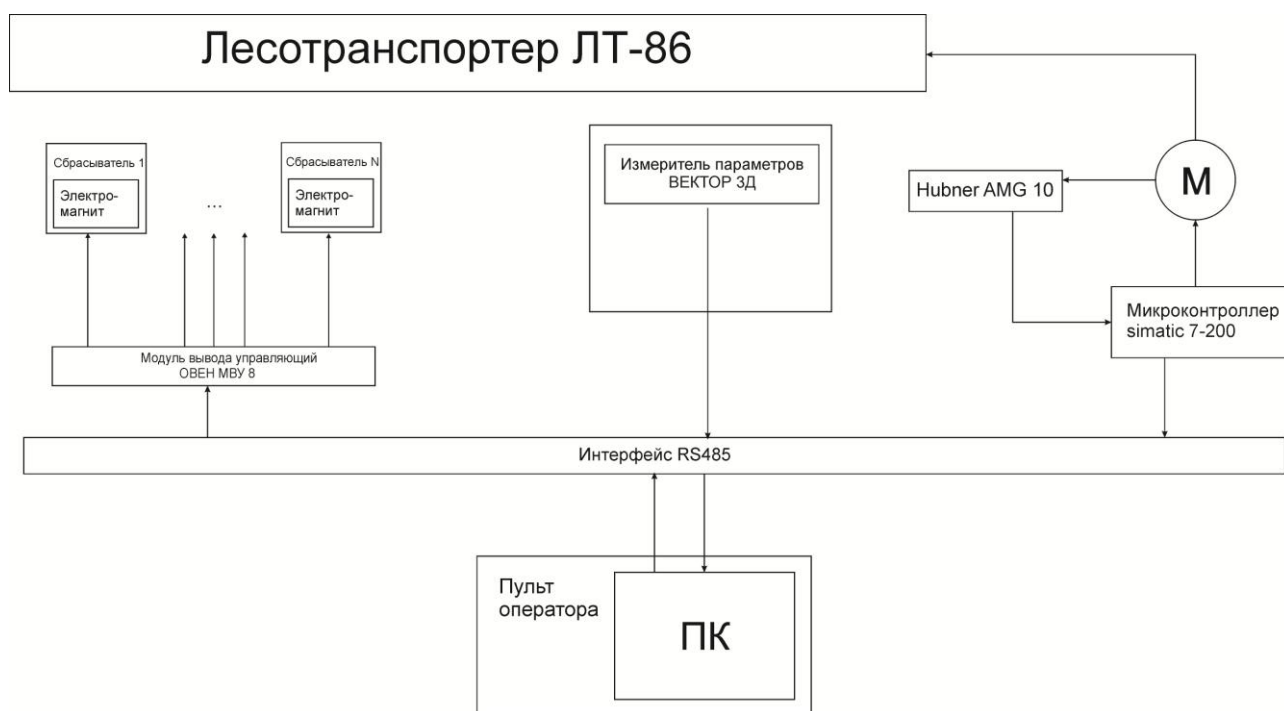


Рисунок 4 – Структурная схема АСУ ТП сортировки лесоматериалов

При этом информация с датчика так же поступает и на ПК, где отображается величина текущего значения скорости, но невозможно ее контролирование. Изменение параметром происходит при помощи микроконтроллера. Данные от «Вектор 3Д» поступают на ПК, где в специальном программном обеспечении происходит их обработка. После определения сбрасывателя сигнал отправляется на управляющий модуль вывода, который запускает механизм сбрасывания. Перед проведением технического обслуживания необходимо: остановить подачу сортимента; освободить конвейер и накопители; отключить подачу электроэнергии [5].

## Список литературы

1. Лысенко, Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. / Э.В. Лысенко. – М.: Радио и связь, 2007. – 129 с.
2. Поляков, С.И. Автоматика и автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / С.И.Поляков; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2007. – 373 с.
3. Поляков, С.И. Проектирование систем управления : учеб. пособие / С.И. Поляков, Н.П. Зуйкин. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – 133 с.
4. Средства и системы промышленной автоматизации // Средства и системы промышленной автоматизации : сайт. – URL: [www.asutp.ru](http://www.asutp.ru) (дата обращения: 19.04.2024).
5. Электротехнический центр // Завод исполнительных механизмов «Промпривод» : сайт. – URL: [www.kipribor.ru](http://www.kipribor.ru) (дата обращения: 19.04.2024).

## References

1. Lysenko, E.V. Design of automated process control systems. / E.V. Lysenko. – M.: Radio and Communications, 2007. – 129 p.
2. Polyakov, S.I. Automation and automation of production processes: textbook. allowance / S.I.Polyakov; Fed. Education Agency, State Educational Institution of Higher Professional Education "VGLTA". – Voronezh, 2007. – 373 p.
3. Polyakov, S.I. Design of control systems: textbook. allowance / S.I. Polyakov, N.P. Zuykin. – Voronezh: VGLTA, 2001. – 133 p.
4. Industrial automation tools and systems // Industrial automation tools and systems: website. – URL: [www.asutp.ru](http://www.asutp.ru) (date of access: 04/19/2024).
5. Electrical Technical Center // Factory of actuators “Promprivod” : website. – URL: [www.kipribor.ru](http://www.kipribor.ru) (date of access: 04/19/2024).

**КОМПЬЮТЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУШКОЙ СТРУЖКИ  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ  
НА ПДК «АПШЕРОНСК»**

**COMPUTER CONTROL OF CHIP DRYING IN THE PRODUCTION  
OF PARTICLE BOARD AT MPC "APSHERONSK"**

**Поляков С.И., к.т.н., доцент**

**Шевцов Д.А., студент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

poliakov1960@mail.ru

**Polyakov S.I., PhD (Engineering), Associate professor**

**Shevtsov D.A., student**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе рассматривается организация системы управления сушкой стружки в производстве древесностружечных плит. Предложена структурная схема управления сушильным барабаном. Принцип функционирования системы управления сушкой стружки основан на использовании двух целевых функций. С помощью разработанной программы оптимизации процесса компьютер осуществляет выработку управляющих воздействий изменения подачи газа. Приведена схема непосредственного цифрового управления процессом сушки.

**Abstract:** The paper considers the organization of a chip drying control system in the production of particle board. A block diagram of the drying drum control is proposed. The principle of operation of the chip drying control system is based on the use of two target functions. With the help of the developed process optimization program, the computer generates control actions for changing the gas supply. The scheme of direct digital control of the drying process is given.

**Ключевые слова:** сушка стружки, управляющий контроллер, плиты, структурная схема, модуль, датчик

**Keywords:** chip drying, control controller, plates, block diagram, module, sensor

Производственно-деревообрабатывающий комплекс «Апшеронск» – крупнейшее деревоперерабатывающее предприятие Краснодарского края, приоритетным направлением которого является производство древесностружечных плит. Сегодня в структуре объединения слаженно работает несколько деревоперерабатывающих предприятий, в том числе завод по производству ДСтП.



Рисунок 1 – Предприятие ПДК «Апшеронск»

Древесностружечные плиты, выпускаемые ПДК «Апшеронск» – это трехслойные плиты с наружными слоями из мелкой стружки и плотным внутренним слоем из стружки более крупной фракции. Подготовленные древесные частицы направляются в соответствующие накопительные бункера для внутренних или наружных слоёв перед сушильными барабанами. Измельченная стружка поступает в сушильные барабаны, где сушится до влажности 3–5 % для наружных слоев и 2–4 % для внутреннего слоя, затем на доизмельчение в мельницу и на сортировку по потокам отсева.

На предприятии при сушке измельченной древесины для производства древесностружечных плит автоматизирована подача стружки в сушильный

барабан. Сырая стружка в сушильный барабан подается из горизонтальных бункеров. Управление подачей сырой стружки осуществляет исполнительный механизм (приводной двигатель АО–51–4) шлюзового затвора. При увеличении влажности стружки подачу уменьшают при уменьшении – увеличивают. Контрольно – измерительная аппаратура (вольтметр) располагается на пульте оператора. Контроль температуры на входе в барабан осуществляется потенциометром КСП–4 с термопарой ТХК–0063. Также контролируется и регулируется температура топочных газов на выходе из барабана регулятором температуры РТ–049 с термометром сопротивления ТСМ–6097. При отклонении ее от заданной температуры, предусмотренной технологическим регламентом, сигнал на входе термометра регистрируется и отображается на щите. Оператор увеличивает или уменьшает поток газа в магистрали и поток воздуха от вентилятора, а также подачу сырой стружки из бункера. Контроль процесса сушки осуществляется приборами, а также оператором при контроле температуры и влажности стружки [1], [2].

Принцип функционирования системы управления сушильным барабаном заключается в следующем. Имеем сверку двух целевых функций  $u_1$  и  $u_2$ , полученных активными экспериментами в соотношении с их коэффициентами веса, найденными методами экспертных оценок. Датчиками  $D_{21}$ ,  $D_{22}$ ,  $D_{23}$ ,  $D_{24}$  автоматически измеряется начальная влажность дисперсного материала, влажность и температура воздуха в сушильном отделении, температура атмосферного воздуха. Аналоговые системы на выходе датчиков преобразуются в ЭВМ с помощью модуля аналогового ввода – вывода в коды. С помощью разработанной программы оптимизации процедуры компьютер осуществляет выработку управляющих воздействий изменения подачи газа, дисперсного материала, воздуха на горение газа и смешивание с топочным газом  $x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0$ , учитывая при этом действующие в данный момент возмущения: начальную влажность частиц  $F_1$ , влажность и температуру воздуха в сушильном отделении  $F_2$  и  $F_3$ , температуру атмосферного воздуха  $F_4$ . Эти управляющие воздействия в виде кодов преобразуются с помощью модуля аналогового ввода – вывода в сигналы в виде электрических напряжений, которые через преобразователи воздействуют на исполнительные механизмы  $ИМ_1$ ,  $ИМ_2$ ,  $ИМ_3$ ,  $ИМ_4$ , изменяющие подачу природного газа, сырых частиц, расхода воздуха на горение газа, расхода воздуха на смешивание с топочными газами. Измерительные преобразователи  $D_{11}$ ,  $D_{12}$ ,  $D_{13}$ ,  $D_{14}$  определяют

фактические значения управляющих воздействий  $x_1, x_2, x_3, x_4$  в виде кодов, которые ЭВМ сравнивает с оптимальными  $x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0$  [3].

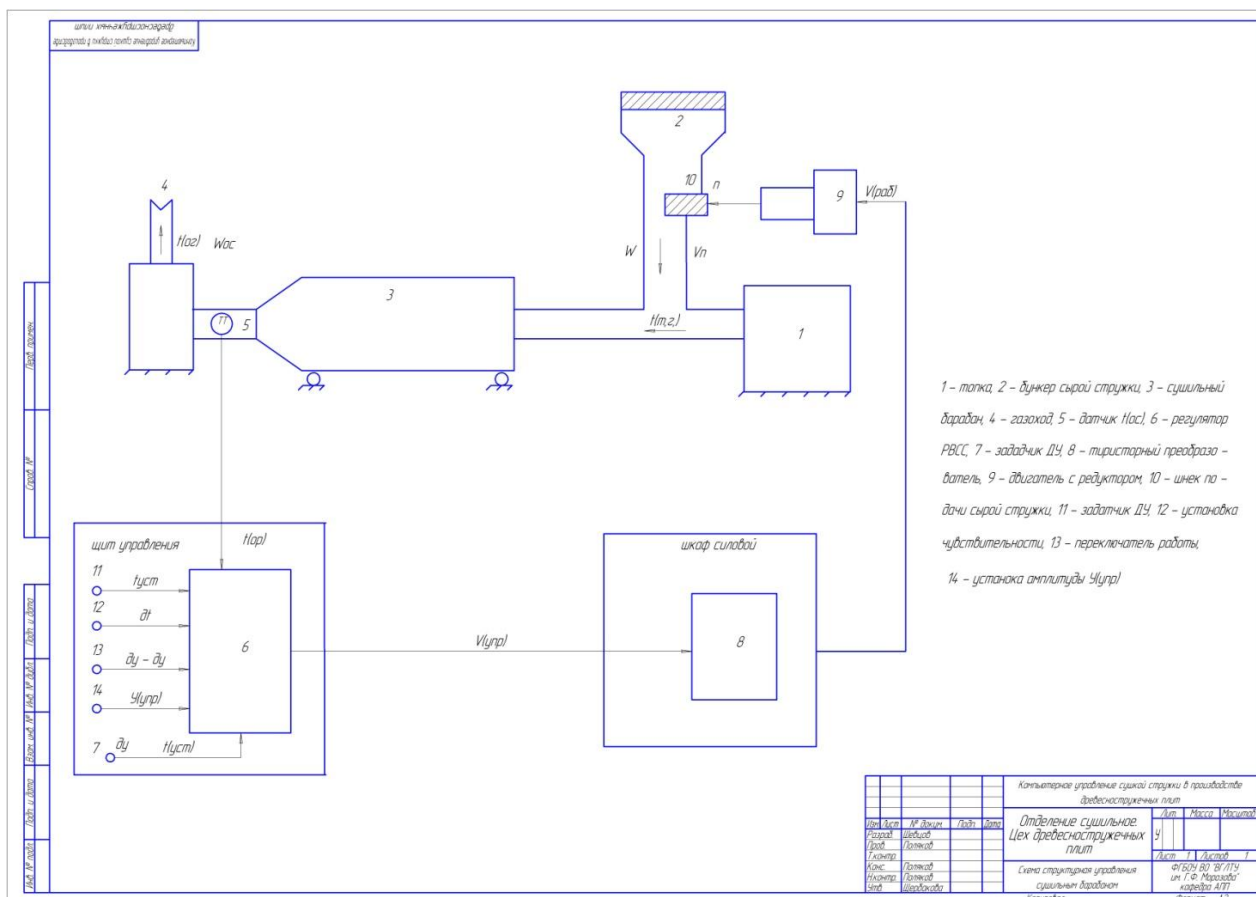


Рисунок 2 – Структурная схема управления сушильным барабаном

При отклонении фактических значений управляющих воздействий от оптимальных ЭВМ выдает корректированные команды на соответствующие исполнительные механизмы с целью обеспечения совпадения фактических и оптимальных величин подачи газа, сырых частиц, воздуха на горение природного газа и смешивание с топочным газом. При изменении величин возмущающих воздействий  $F_1, F_2, F_3, F_4$  вновь автоматически определяются и реализуются оптимальные значения управляющих воздействий  $x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0$ , то есть система управления является адаптивной к возмущениям и поддерживает минимальные отклонения конечной влажности частиц и температуры отработавшего теплоносителя от заданных значений.

Информация с датчиков  $D_{31}, D_{32}$ , измеряющих конечную влажность высушиваемого материала и температуру отработавшего теплоносителя на выходе из агрегата, поступает в компьютер, что позволяет осуществлять контроль выходных параметров процесса. Все численные значения параметров,

характеризующих проведение процесса сушки дисперсных материалов выводятся на монитор. Быстродействие системы обеспечивает оперативное регулирование и установку требуемых значений управляемых параметров.

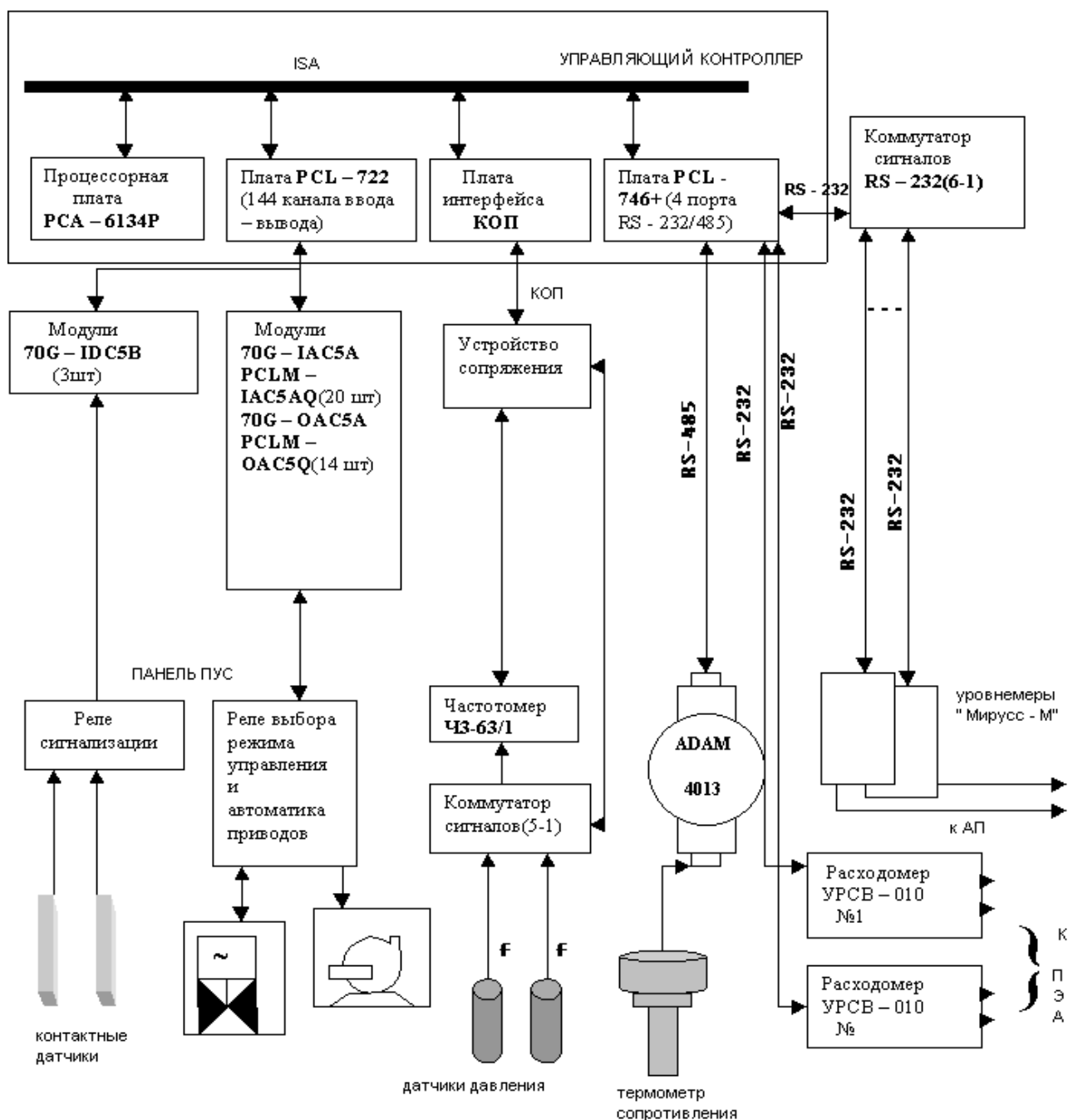


Рисунок 3 – Структурная схема компьютерного управления процессом сушки стружки

Предлагаемая система автоматического управления использует трехуровневую схему. Первый, или нижний уровень – это исполнительные механизмы (вентиляторы, затворы, двигатели), а также устройства сбора информации (датчики давления, температуры, расходомеры). Второй уровень – управляющий контроллер с модулями УСО. В качестве управляющего



контроллера использована процессорная плата РСА-6134Р производства фирмы Advantech с платами дискретного ввода-вывода PCL-722 и последовательного ввода-вывода PCL-746+, а также с платой интерфейса канала общего пользования (КОП). К плате PCL-722 подключены модули дискретного ввода-вывода производства Grayhill ( 70G- IAC5A, OAC5A, IDC5B) и Advantech ( PCLM-OAC5Q, IAC5AQ) для управления затворами с электроприводами, вентиляторами, клапанами, входящими в систему управления. Третий, или верхний уровень - пульт управления системами управления, который включает в себя рабочую станцию оператора (компьютер с 17” монитором), а также элементы сигнализации. Автоматика управления системами, вторичные блоки измерительных приборов, управляющий контроллер размещены в трех панелях управления, расположенных в помещении местного диспетчерского пункта (МДП) [4-5].

Приведенная схема непосредственного цифрового управления позволит оперативно реализовывать процесс сушки в соответствии с технологическим регламентом. Предложенный комплекс технических средств расширяет возможности сушки и обеспечивает качественное управление.

Практическое использование системы управления может осуществляться как на новых барабанных сушилках, так и на действующих агрегатах. Высокая эффективность применения системы, простота конструкции, универсальность, достаточно низкая стоимость позволяют сделать вывод о перспективности ее использования для управления с обеспечением заданной конечной влажности частиц и температуры отработавшего теплоносителя, минимизации расхода энергоносителей.

### **Список литературы**

1. Лысенко, Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. / Э.В. Лысенко. – М.: Радио и связь, 2007. – 129 с.
2. Поляков, С.И. Автоматика и автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / С.И.Поляков; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2007. – 373 с.
3. Поляков, С.И. Проектирование систем управления : учеб. пособие / С.И. Поляков, Н.П. Зуйкин. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – 133 с.

4. Средства и системы промышленной автоматизации // Средства и системы промышленной автоматизации : сайт. – URL: [www.asutp.ru](http://www.asutp.ru) (дата обращения: 19.04.2024).

5. Электротехнический центр // Завод исполнительных механизмов «Промпривод» : сайт. – URL: [www.kipribor.ru](http://www.kipribor.ru) (дата обращения: 19.04.2024).

### References

1. Lysenko, E.V. Design of automated process control systems. / E.V. Lysenko. – М.: Radio and Communications, 2007. – 129 p.

2. Polyakov, S.I. Automation and automation of production processes: textbook. allowance / S.I.Polyakov; Fed. Education Agency, State Educational Institution of Higher Professional Education "VGLTA". – Voronezh, 2007. – 373 p.

3. Polyakov, S.I. Design of control systems: textbook. allowance / S.I. Polyakov, N.P. Zuykin. – Voronezh: VGLTA, 2001. – 133 p.

4. Industrial automation tools and systems // Industrial automation tools and systems: website. – URL: [www.asutp.ru](http://www.asutp.ru) (date of access: 04/19/2024).

5. Electrical Technical Center // Factory of actuators “Promprivod”: website. – URL: [www.kipribor.ru](http://www.kipribor.ru) (date of access: 04/19/2024).

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ СВЕРЛИЛЬНО-ПРИСАДОЧНОГО УЧАСТКА МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
IMPROVING AUTOMATION SYSTEMS FOR THE DRILLING  
AND ADDITIVE SECTION OF FURNITURE PRODUCTION**

**Пустовая Н.М., студент**

**Мещерякова А.А., к.т.н., доцент**

**Грибанов А.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

aam\_mtd\_vglta@mail.ru

**Pustovaya N.M., Student**

**Meshcheryakova A.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

**Gribanov A.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Рассмотрены особенности автоматизации сверлильно-присадочного участка мебельного производства.

**Abstract:** The features of automation of the drilling and additive section of furniture production are considered.

**Ключевые слова:** система управления, сверлильно-присадочный участок, автоматизация, мебельное производство.

**Keywords:** control system, drilling and additive section, automation, furniture production.

Деревообрабатывающая отрасль – это целый комплекс технологий от лесопиления до производства высококачественной мебели. Эта отрасль промышленности состоит их множества мелких, средних и крупных предприятий, работающих во всех регионах РФ. Сегодня, в условиях непростой рыночной ситуации, качество мебели становится одним из

ключевых критериев в конкурентной борьбе отечественных производителей. Качество должно проявляться на всех этапах производства и поставки мебели.

Существующий технологический процесс отражает состояние технологии процесса сверлильно-присадочного участка мебельного предприятия ООО «ТриЯ». В схеме автоматизации сверлильно-присадочного участка отсутствует шкантозабивочный модуль, что влияет на качество выпускаемой продукции и на производительность участка.

Можно отметить следующие недостатки существующей схемы: загрузка производится вручную; нет контроля и регулирования расхода клея; нет контроля за размерами шканта.

Анализ сверлильно-присадочного участка мебельного предприятия ООО «ТриЯ» показал, что реконструкция сверлильно-присадочного участка мебельного предприятия должна быть направлена на совершенствование технологического процесса на базе новейшего оборудования, более производительного и экономичного.

В результате произведенного анализа существующих на данный момент недостатков технологического процесса сверлильно-присадочного участка мебельного предприятия делаем вывод о целесообразности реконструкции шкантозабивочного оборудования.

Техническая оснащенность предприятия постоянно обновляется, приобретает более современное и модернизированное оборудование.

На сверлильно-присадочном участке мебельного производства INSIDER FTT INSIDER FTT R8 INSIDER FTT R6, в нашем случае есть участок, который следовало бы автоматизировать – это шкантозабивочный участок.

В настоящее время производство используют ручной труд при забивке шкантов, что увеличивает затраты времени, количество задействованных рабочих, занимает определённую территорию на производстве.

Мы можем использовать производственные мощности станка инсайдер и добавить туда шкантозабивочное оборудование, включая насос для подачи клея под давлением.

Основная задача автоматизации в нашем случае – замена силы человека на автоматическое исполнение работы на определенном участке производственной линии специальным оборудованием. Преимущества, которые мы получим при внедрении оборудования:

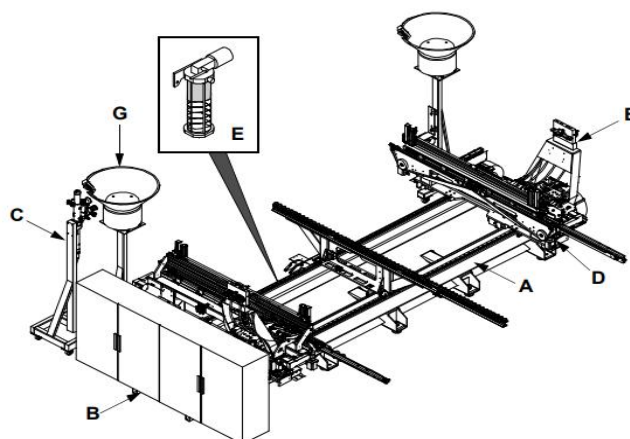
– оптимизация – замена ручного труда значительно повлияет на качество продукции, так как снизятся риски человеческого фактора (перерасход клея, мышечная слабость, невнимательность и так далее);

– эргономичность – позволит сократить усилия при обработке данной продукции.

Также уменьшаем: время, затраченное на изготовление одной детали, а следовательно, и всей партии. Уменьшаем площадь, задействованную под изготовление деталей, потому как уходит шкантозабивочный участок и производственные площади не используются на данном этапе операции.

Подготовка сырья к пуску в производство осуществляется согласно сборнику технологических инструкций для мебельного производства и правилам организации и ведения технологического процесса на мебельных предприятиях.

Шкантозабивочная группа впрыскивает клей и забивает деревянные шканты в горизонтальные отверстия, выполненные ранее на сверлильном стенке. Ниже на рисунке 1 приведено описание основных частей.



- A Станина
- B Электрический шкаф
- C Группа клеевого насоса
- D Группа позиционирования деталей
- E Шкантозабивная группа
- F Система смазки
- G Бункер для шкантов

Рисунок 1 – Шкантозабивочное оборудование

Предлагаем оснастить станок двумя шкантозабивными группами (1 с правой и 1 с левой стороны станка, рисунок 2), состоящими из 5 клеевых инжекторов клея и устройств шкантозабивки А, предназначенных для забивки шкантов диаметром 8-10 мм и длиной 25-40 мм. 5 групп позиционируются с

шагом 32 мм: минимальное расстояние 32 мм, максимальное расстояние 544 мм. Группы скользят по круглой направляющей В; позиционирование производится автоматически на фазе оснащения.

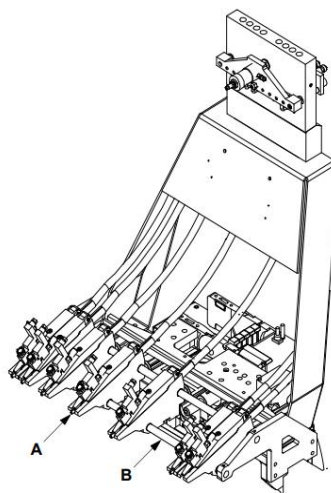


Рисунок 2 – Шкантозабивочная группа

В дополнение к штатным группам добавляем на каждую группу шкантозабивки 1 или 2 инжектора клея и устройств шкантозабивки, что позволяет производить контроль расхода клея. Система контроля имеет устройство, которое считывает поток клея на каждом инжекторе на фазе забивки. В случае неисправности или отсутствия клея система выдаёт на интерфейсе сообщение об ошибке. Каждая группа шкантозабивки имеет 1 контейнер шкантов с вибрирующей базой. Система подачи клея под высоким давлением оснащена насосом с отношением 3:1, обеспечивающим впрыскивание необходимого количества клея в отверстия.

В заключении можно сказать, что автоматизация сверлильно-присадочного участка мебельного производства значительно улучшило качество продукции, так как снизятся риски человеческого фактора (перерасход клея, мышечная слабость, невнимательность и так далее), позволо сократить усилия при обработке данной продукции, также уменьшилось время, затраченное на изготовление одной детали, а следовательно, и всей партии. Уменьшилась площадь, задействованная под изготовление деталей, потому что убирается шкантозабивочный участок и производственные площади не используются на данном этапе операции.

## Список литературы

1. Мещерякова, А. А. Инновации в деревообрабатывающем комплексе и эффективность их внедрения / А. А. Мещерякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов всероссийской научно-технической конференции «Современные ресурсосберегающие технологии и технические средства лесного комплекса». - Воронеж, 2018. - № 4 (40). – С. 65-69.

2. Мещерякова, А. А. Оценка качества смешивания смесей сыпучих материалов / А. А. Мещерякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам второй международной научно-технической конференции «Современные технологии и автоматизация производства». - Воронеж, 2018. - № 5 (41). – С. 325-330.

## References

1. Meshcheryakova, A. A. Innovations in the woodworking complex and the effectiveness of their implementation / A. A. Meshcheryakova // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of scientific papers of the All-Russian scientific and technical conference "Modern resource-saving technologies and technical means forest complex". - Voronezh, 2018. - No. 4 (40). – pp. 65-69.

2. Meshcheryakova, A. A. Assessment of the quality of mixing mixtures of bulk materials / A. A. Meshcheryakova // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice: collection of scientific papers based on the materials of the second international scientific and technical conference "Modern technologies and production automation " - Voronezh, 2018. - No. 5 (41). – pp. 325-330.

**БИОМЕТРИЧЕСКИЕ КАРТЫ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ,  
ВОЗМОЖНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
BIOMETRIC CARDS: BASIC CONCEPTS, CAPABILITIES  
AND FEATURES OF USING**

**Стариков А.В.**, д.т.н., доц.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

star123@yandex.ru

**Starikov A.V., DSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные понятия, возможности и особенности использования биометрических карт, представляющих собой новый подход в технологии биометрической аутентификации личности.

**Abstract:** The article considers the basic concepts, possibilities and features of using biometric cards, which represent a new approach in biometric personal authentication technology.

**Ключевые слова:** биометрическая аутентификация, биометрическая карта, система контроля и управления доступом (СКУД), автоматизация.

**Keywords:** biometric authentication, biometric card, access control and management system (ACMS), automation.

Биометрические карты представляют собой сравнительно новый подход в технологии биометрической аутентификации. Развитие этого подхода началось еще в 2009 году, когда старт-ап команда Zwiре при финансовой поддержке венчурных инвестиционных фондов из Норвегии приступила к созданию принципиально новых устройств для идентификации физических лиц. Энтузиасты-исследователи из Zwiре попытались совместить преимущества биометрической аутентификации личности с простотой и



доступностью применения электронных карт. После нескольких лет разработок и экспериментов компания Zwiре предложила рынку так называемые биометрические карты, которые могут быть использованы для выполнения платежей, физического и логического контроля доступа и других решений, связанных с биометрической идентификацией личности [1].

По размерам и форме биометрическая карта похожа на обычную пластиковую карту. Однако у нее имеется существенное отличие в виде встроенного в карту дактилоскопического сканера (датчика). Пользователь прикладывает палец к сканеру, считывающему отпечаток пальца, на основе которого формируется его электронный образ. Сформированный образ сравнивается с шаблоном отпечатка, который предварительно записывается в память карты. Если отпечаток пальца пользователя совпадает с шаблоном, то осуществляется обмен данными между картой и считывателем (рис. 1).

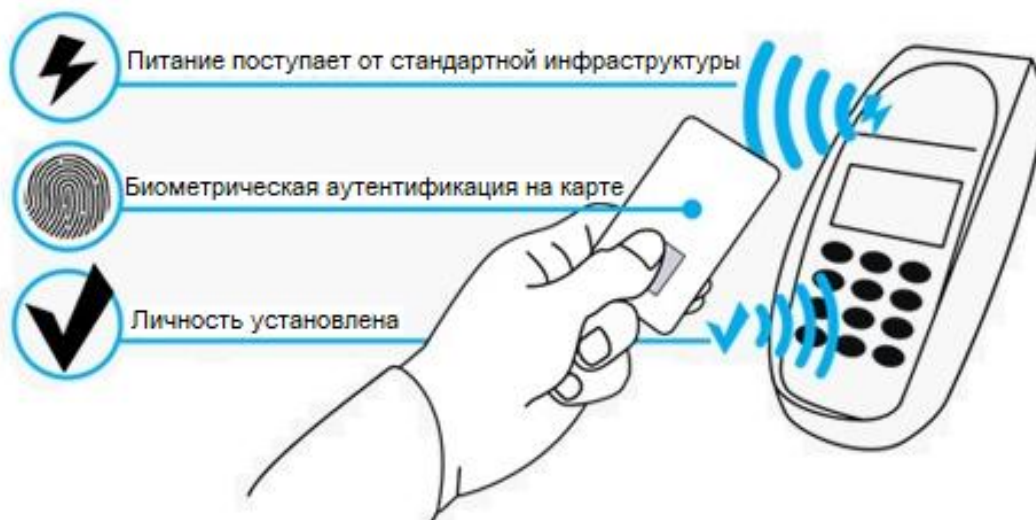


Рисунок 1 – Установление личности пользователя биометрической карты

Особенностью биометрической карты Zwiре является то, что в режиме ожидания (т.е. при отсутствии пальца на сканере) нельзя извне инициировать работу транспондера на карте; это обстоятельство делает невозможным считывание информации и последующее клонирование карты.

Необходимо также отметить, что запись шаблона отпечатка в память может быть выполнена только один раз, т.е. память невозможно перезаписать или каким-либо образом модифицировать. Таким образом, владельцу биометрической карты гарантируется, что в случае ее потери невозможно использование карты сторонними лицами (рис. 2).



Рисунок 2 – Этапы алгоритма для формирования шаблона отпечатка

Кроме того, процесс записи шаблона отпечатка пальца выполняется самим пользователем, а не администратором системы, поэтому проблемы с защитой персональных биометрических данных не возникает, поскольку даже теоретически дактилоскопические данные в этом случае не могут быть переданы сторонним лицам.

Биометрические карты Zwipe существенно сокращают объем работ, связанных как с администрированием биометрических терминалов, так и одновременным ведением баз данных СКУД и биометрией, и требующих работы с несколькими программами. Так называемый мэтчинг, т.е. операция сопоставления отпечатка с шаблоном, хранящимся в памяти карты, выполняется по методу 1:1 и происходит достаточно быстро (не более 1,5 секунд). Поэтому не требуется никакой дополнительной базы данных связанной с ней процедурой администрирования и защиты. Биометрические карты доступа Zwipe могут работать на любой установленной СКУД, причем для совместимости необходимо лишь выбрать модель карты с транспондером, который аналогичен применяемому на охраняемом объекте. При этом установка и настройка карты в системе представлена стандартной процедурой добавления карты доступа в СКУД.

В настоящее время компания Zwipe ([www.zwipe.com](http://www.zwipe.com)), имеющая штаб-квартиру в столице Норвегии г. Осло, а также свои представительства в 12 странах, продолжает совершенствовать свои инновационные биометрические продукты и услуги. Кроме Zwipe еще ряд компаний, включая и всемирно известные (например, корпорация Samsung), также стали предлагать аналогичные решения, использующие сканер отпечатка пальца на карте [2]. Корпорация Samsung разработала чип биометрической защиты для смарт-карт, особенностью которого является интеграция всех элементов защиты, которые ранее были разнесены по площади карты [3].

Чип защиты, получивший обозначение S3B512C, объединяет в себе элемент безопасности (Secure Element), хранящий конфиденциальные и

криптографические данные, процессор безопасности (Secure Processor), обрабатывающий данные, и сканер отпечатка пальцев (Fingerprint Sensor). На используемых до сих пор моделях биометрических карт все эти элементы находятся в разных местах карты, что усложняет их производство. Samsung заявляет, что их разработка является первым решением на рынке, которое объединяет все части воедино. Схематичный переход к новому решению средств защиты в виде одного чипа на карте показан на рис. 3.

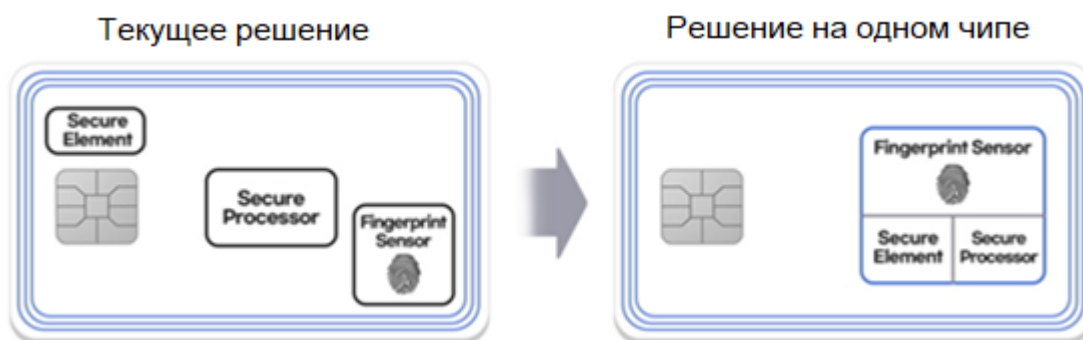


Рис. 3. Переход к интегрированному решению средств защиты на одном чипе

При регистрации карты в ее память могут быть записаны до трех разных шаблонов отпечатков пальцев. Эти шаблоны отпечатков надежно зашифрованы и защищены от несанкционированного доступа.

Подобные биометрические карты могут не только использоваться в качестве надежного средства оплаты, они вполне подходят для использования их в качестве карт доступа в современных биометрических СКУД. В настоящее время ряд производителей СКУД в России обеспечивают такие технические решения [4].

### Список литературы

1. Бойко Г. ZWIPE: знакомство с биометрическими картами – Режим доступа: [http://secuteck.ru/articles2/sys\\_ogr\\_dost/zwipe-znakomstvo-s-biometricheskimi-kartami](http://secuteck.ru/articles2/sys_ogr_dost/zwipe-znakomstvo-s-biometricheskimi-kartami), загл. с экрана (дата обращения: 23.03.2024).
2. Новые возможности оплаты – биометрические карты со сканером отпечатков пальцев Samsung Biometric Card IC – Режим доступа: <https://news.samsung.com/ru/new-payment-options-biometric-cards-with-samsung-biometric-card-ic-fingerprint-scanner>, загл. с экрана (дата обращения: 23.03.2024).

3. Samsung представила свой чип биометрической аутентификации для смарт-карт – Режим доступа: <https://habr.com/ru/news/647849>, загл. с экрана (дата обращения: 23.03.2024).

4. Применение биометрических карт в СКУД – Режим доступа: <https://www.rgsec.ru/stati/primenenie-biometricheskih-kart-dostupa-v-skud>, загл. с экрана (дата обращения: 23.03.2024).

### References

1. Boyko G. ZWIPE: introduction to biometric cards – Access mode: [http://secuteck.ru/articles2/sys\\_ogr\\_dost/zwipe-znakomstvo-s-biometricheskimi-kartami](http://secuteck.ru/articles2/sys_ogr_dost/zwipe-znakomstvo-s-biometricheskimi-kartami), cap. from the screen (access date: 03/23/2024).

2. New payment options - biometric cards with a fingerprint scanner Samsung Biometric Card IC – Access mode: <https://news.samsung.com/ru/new-payment-options-biometric-cards-with-samsung-biometric-card-ic-fingerprint-scanner>, cap. from the screen (access date: 03/23/2024).

3. Samsung presented its biometric authentication chip for smart cards – Access mode: <https://habr.com/ru/news/647849>, cap. from the screen (access date: 03/23/2024).

4. Application of biometric cards in access control systems – Access mode: <https://www.rgsec.ru/stati/primenenie-biometricheskih-kart-dostupa-v-skud>, cap. from the screen (access date: 03/23/2024).

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
НАСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ УДАЛЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД  
AUTOMATION OF THE MONITORING AND CONTROL SYSTEM  
OF THE DRAINAGE WATER REMOVAL PUMPING STATION**

**Фокин Д.А., магистрант**

**Лапшина М.Л., д.т.н., профессор**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina\_lapshina@mail.ru

**Fokin D.A., undergraduate student**

**Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе предлагается один из подходов к реализации проблемы формирования автоматизированной системы контроля и управления насосной станцией отвода дренажных вод в хранилище делящихся материалов. Предложенная модель направлена на улучшение процесса управления стоком дренажных вод с предполагаемым наличием загрязнённой воды и позволяет минимизировать объемы загрязнённой воды, требующей специальной утилизации.

**Abstract:** The paper proposes one of the approaches to the implementation of the problem of forming an automated control and management system for a pumping station for drainage water discharge into a storage of fissile materials. The proposed model is aimed at improving the process of drainage water flow management with the expected presence of contaminated water and minimizes the volume of contaminated water requiring special disposal.

**Ключевые слова:** воды, автоматизация, насосная станция, дренаж, структура

**Keywords:** water, automation, pumping station, drainage, structure

Отведение сточной воды в хранилище делящихся материалов происходит с использованием насосов специального назначения, которые располагают в помещениях, требующих откачки воды. Автоматизация функционирования насоса и контроля уровня воды предусматривает монтаж и использование регуляторов уровня, сообщающих об экстренной ситуации и запускающих насос при предельном уровне и выключающих насос при достижении минимального уровня. Использование специального стока, используемого для блокировки попадания радиоактивных загрязнений в окружающую среду, предполагает специальную систему стока, производящая слив загрязненной воды в специальное хранилище, с дальнейшей переработкой.

Повседневное использование системы слива сточных вод не нуждается в сложной системы управления. В работе представлен анализ предпосылок к построению системы слива сточной воды вод с использованием базовых принципов систем автоматизированного управления.

В основу разрабатываемой системы управления положим такие принципы как многокомпонентность, масштабируемость и умение модернизироваться к любым запросам заказчика. Разработанная нами система носит трехкомпонентный характер. В состав первой укрупненной компоненты входят датчики и исполнительные устройства, во вторую компоненту включены программируемые логические контроллеры, в третьей компоненте размещены серверы и автоматизированные рабочие места.

Управление САУ производится из диспетчерской, в которой расположено АРМ оператора, с которого и происходит контролирование и управление насосной станцией отведения сточной воды.

Третья укрупненная компонента нашей системы строится на базе сервера и рабочей станции подсистемы КТПЛЧС.

Дистанционное управление запорной аппаратурой производится с использованием электропривода, учитываем, что эта аппаратура должна соответствовать таким техническим требованиям как диаметр, тип управления, степень герметичности, возможность использования в водной среде. При выполнении этих технических требований запорная аппаратура может быть выбрана из имеющейся в розничной продаже. Это наиболее экономически оправдано.

С использованием той же локальной сети рабочая станция соединена с сервером, в этом случае обмен информацией производится только с сервером. Рабочая станция оператора не имеет непосредственного доступа к

контроллеру, но имеет беспрепятственный доступ к информации, собранной сервером.

Наличие лицензии для КТПЛЧС, позволяет контролировать 35000 точек ввода-вывода, информация о которых берется с контроллера. Проект КТПЛЧС может использовать не более 20 % из разрешенных. Дистанционное управление запорной аппаратурой производится с использованием электропривода, учитываем, что эта аппаратура должна соответствовать таким техническим требованиям как диаметр, тип управления, степень герметичности, возможность использования в водной среде. При выполнении этих технических требований запорная аппаратура может быть выбрана из имеющейся в розничной продаже. Это наиболее экономически оправдано. В нашем случае добавляемыми такими точками является функция управления насосом и задвижками коллекторов.

Повседневное использование системы слива сточных вод не нуждается в сложной системе управления. В работе представлен анализ предпосылок к построению системы слива сточной воды вод с использованием базовых принципов систем автоматизированного управления.

В основу разрабатываемой системы управления положим такие принципы как многокомпонентность, масштабируемость и умение модернизироваться к любым запросам заказчика. Разработанная нами система носит трехкомпонентный характер. Особого внимания требует величина скорости открытия или закрытия запорной арматуры. Весьма существенным фактором является стоимостный фактор. Проанализируем несколько вариантов запорной арматуры, с не большой разницей в цене.

Область применения привода весьма широка – от нефтяной промышленности и до приборов, используемых в системе очистки воды.

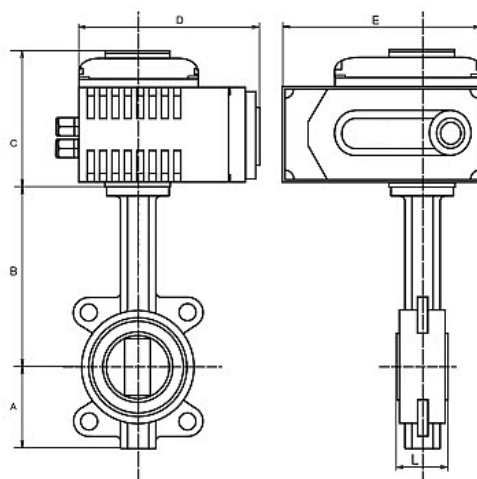


Рисунок 1 – Параметры затвора с приводом

Дистанционное управление происходит с использованием электроприводов четверть оборотных. Для ПЛК весьма эффективным является использование ППП Logicmaster 90 (LM90), наиболее пригодного для написания программ многоступенчатой логики, составленного из двух образующих пакетов: конфигурирования и программирования. Благодаря использованию этих пакетов может скорректировано ПО, изначально для замены жесткой релейно-контактной логики нормально замкнутыми или разомкнутыми контактами, таймерами, счётчиками и т. п. Функциональные модули обеспечивают функции АСУ, работающие с технологическим оборудованием. Программное обеспечение носит характер цикличности до момента подачи команды стоп от программатора или другого устройства, либо останова программы с использованием переключателя «Run/Stop» на панели модуля ЦПУ. За интервал прохождения одного цикла будет реализован набор как прикладных, так и служебных программ. Разработанная автоматизированная система помогает оператору контролировать и управлять работой насосной станцией с автоматизированного рабочего места, не контактируя с загрязнённой водой и своевременно произвести слив ещё не загрязнённой воды, уменьшив объём воды подлежащий специальной утилизации.

### Список литературы

1. Агуров, П.В. Интерфейс USB Практика использования и программирования / П.В. Агуров – М.: ВHV, 2007. – 576 с.



2. Александров, А.Г. Оптимальные и адаптивные системы / А.Г. Александров. – М.: Высш. шк., 2019. – 263 с.
3. АСУТП ХДМ Документация на систему. Общесистемные решения ФГУП «ГИ» ВНИПИЭТ» Том 7.1.3. – Озёрск: ВНИПИЭТ, 2023. – 77 с.
4. Банди, Б. Основы линейного программирования / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 2019. – 319 с.
5. Бежанов, А. Диагностика инжекторных двигателей / А. Бежанов // Системы безопасности. – № 1 (92), 2017. – С.28-36.
6. Генов, А.О. Мультисервисные БЦП – технологический прорыв в повышении эффективности ССС / А.О. Генов // Науч.-технич. конф.: К 75-летию академика В.А. Мельникова. – М., 2023. – С. 128–236.

### References

1. Agurov, P.V. USB interface Practice of use and programming / P.V. Agurov – М.: BHV, 2007. – 576 p.
2. Alexandrov, A.G. Optimal and adaptive systems / A.G. Alexandrov. – М.: Higher. school, 2019. – 263 p.
3. APCS HDM System documentation. System-wide solutions of FSUE “GI” VNIPIET” Volume 7.1.3. – Ozersk: VNIPIET, 2023. – 77 p.
4. Bundy, B. Fundamentals of linear programming / B. Bundy. – М.: Radio and Communications, 2019. – 319 p.
5. Bezhanov, A. Diagnostics of injection engines / A. Bezhanov // Security systems. – No. 1 (92), 2017. – pp.28-36.
6. Genov, A.O. Multiservice BCP - a technological breakthrough in increasing the efficiency of the SSS / A.O. Genov // Scientific and technical. Conf.: To the 75th anniversary of Academician V.A. Melnikova. – М., 2023. – pp. 128–236.

**ОБЪЕКТИВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОДХОДА К ВОПРОСУ  
МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИТОЧНО-  
ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКОЙ  
OBJECTIVE PREREQUISITES FOR THE FORMATION  
OF AUTOMATED APPROACH TO THE QUESTION  
OF MODERNIZATION OF THE CONTROL SYSTEM OF THE SUPPLY  
AND EXHAUST VENTILATION UNIT**

**Черных А.Е., магистрант**

**Лапшина М.Л., д.т.н., профессор**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

marina\_lapshina@mail.ru

**Chernykh A.E., undergraduate student**

**Lapshina M.L., DSc (Engineering), Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Приточно-вытяжная система вентиляции – это система вентиляции, предназначенная для подачи свежего наружного воздуха внутрь помещения. Она осуществляется с помощью специальных вентиляционных установок или приточных клапанов, которые подводят воздух извне и распределяют его по помещению. Приточная вентиляция имеет ряд преимуществ. Она позволяет поддерживать постоянное и достаточное количество свежего воздуха в помещении, что способствует комфортной и здоровой атмосфере. В работе рассматривается возможность использования автоматизированного управления приточно-вытяжной вентиляционной установкой с учетом сложившихся температурных режимов.

**Abstract:** A supply and exhaust ventilation system is a ventilation system designed to supply fresh outside air indoors. It is carried out using special ventilation units or supply valves, which supply air from outside and distribute it throughout the room. Supply ventilation has a number of advantages. It allows you to maintain a constant and sufficient amount of fresh air in the room, which contributes to a comfortable and healthy atmosphere. The paper examines the possibility of using automated control of a supply and exhaust ventilation unit, taking into account the existing temperature conditions.

**Ключевые слова:** регулирование, схема, автоматика, установка, режимы, управление

**Keywords:** regulation, circuit, automation, installation, modes, control

Современные подходы к вопросу автоматизированного регулирования оборудования в рамках отдельного контура и позволяют добиться требуемого уровня точности параметров. Заметим, что использование средств автоматизации позволяет получить, практически любую точность параметров системы, но это не всегда целесообразно, т.к. попытки получить высокий уровень регулировки не имеют смысла, когда речь идет о системах кондиционирования, которые не реагируют на сигналы регуляторов.

Направленность использования кондиционеров определяет диапазон разрешения допустимых требований [1]. Подходящий уровень комфорта возможен в диапазоне  $t_{в}$  до  $\pm 1$  (1,5) $^{\circ}\text{C}$ ,  $f_{в}$  до  $\pm 10\%$ , системы технического назначения -  $t_{в}$  до 0,5 (1) $^{\circ}\text{C}$ ,  $f_{в}$  до  $\pm 5\%$ , системы специального использования допускают пределы -  $t_{в}$  до  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ,  $f_{в}$  до  $\pm 2\%$ . подходы позволяют добиться требуемого уровня точности параметров.

Заметим, что использование средств автоматизации позволяет получить, практически любую точность параметров системы, но это не всегда целесообразно, т.к. попытки получить высокий уровень регулировки не имеют смысла, когда речь идет о системах кондиционирования, которые не реагируют на сигналы регуляторов. В основе проведенного анализа лежит аппарат решения систем дифференциальных уравнений с заданными граничными точками.

Автоматизированные подходы позволяют добиться требуемого уровня точности параметров. Заметим, что использование средств автоматизации позволяет получить, практически любую точность параметров системы, но это не всегда целесообразно, т.к. попытки получить высокий уровень регулировки

не имеют смысла, когда речь идет о системах кондиционирования, которые не реагируют на сигналы регуляторов [2]. Системы кондиционирования воздуха обычно функционируют в течение нескольких лет, из-за чего напрашивается вывод, что оптимальной будет простая система автоматики, гарантирующая нужный уровень. Системы кондиционирования помещений предполагают использование схем автоматического регулирования, представленных на рис. 1.

Подобные подходы позволяют добиться требуемого уровня точности параметров. Заметим, что использование средств автоматизации позволяет получить, практически любую точность параметров системы, но это не всегда целесообразно, т.к. попытки получить высокий уровень регулировки не имеют смысла, когда речь идет о системах кондиционирования, которые не реагируют на сигналы регуляторов.

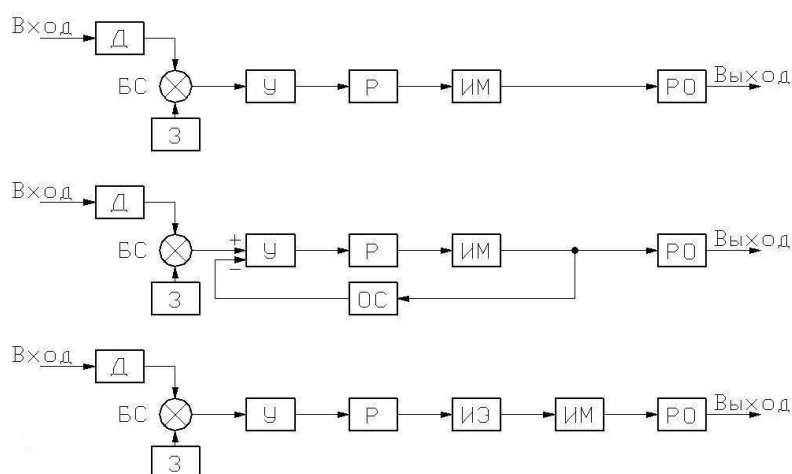


Рисунок 1 – Схемы автоматических регуляторов

Транспортировка материалов обычно производится при помощи железнодорожного, речного, автомобильного транспорта, данный этап возможно автоматизировать при помощи уже существующих технологий автоматического пилотирования или вспомогательных систем также на базе датчиков. Если с полным автомобильным автопилотом ещё есть сложности, то железнодорожный транспорт уже поддаётся полной автоматизации [3, 4]. Арматурный каркас типовых изделий уже можно автоматизировать при помощи поточно-механизированных линий для заготовки. Системам с И - регулированием соответствует низкая погрешность, а также меньшая быстрота.

Заметим, что требуемый уровень качества регулировки может достигаться не только уровнем алгоритмического разрешения проблемы, но и

модернизацией контура регулировки на базе дополнительных средств цифровизации [5].

Сейчас, на практике получили широкое применение САР каскадно-связанного типа, позитивной стороной которых является конструирование дополнительных связей между каскадами.

Многие промышленные системы запускаются и работают автоматически, но в при ЧС возможен сбой работы не только единичного двигателя, но и в целом системы. Частые срывы работы системы могут привести к более существенным потерям, чем материальные затраты на ремонт. Необходимо учесть неизбежность потерь, связанных с перегревом двигателя и требующих немедленного устранения (рисунок 2).

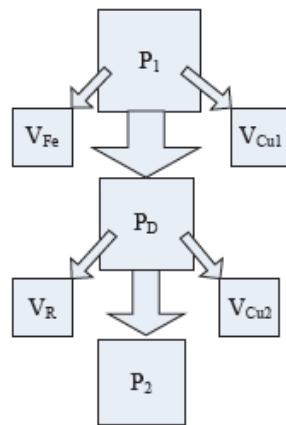


Рисунок 2 – Этапность охлаждения

Если форма не соответствует заданной, компьютер сравнит показатели датчика с шаблонными, и форма отправится на чистку, которую тоже можно автоматизировать используя мойку под давлением с ЧПУ [6]. В случае повторной проблемы с этой формой, отправляется сообщение, чтобы её проверили для дальнейших решений, о дополнительной чистке или утилизации, ремонте, при этом производственный процесс не останавливается.

Заливка смеси осуществляется в заготовленную форму, после установки арматуры, где компьютер считывает показатели с датчиков, где можно вычислить объём залитого материала, получить информацию о ровности поверхности залитой формы [7, 8]. При этом процедура может иметь режим, т. е чередовать работу и заливки материала, учитывая показатели датчика, в целях качества продукции в целях минимизации издержек производства, в виде

излишков смеси на поверхности, минимизация потерь расходных материалов при последующей обработке поверхности изделия.

На этом этапе тоже есть требования к данным, и в целях безопасности здесь тоже есть программные проверки, из-за которых может быть отправлено сообщение на клиентские компьютер в случае несоответствия с планом [9]. Небольшое количество материала до и после производства используется для изготовления образцов, для последующих испытаний.

После пройденной очистки, воздушные потоки поступают в секцию нагрева и, в холодный период времени, подогреваются до температуры +22°C и воздух может быть охлажден в соответствующей камере при летнем режиме работы [10]. Затем воздушные потоки попадают в секцию вентилятора, где формируется соответствующий напор и после секции шумоглушителя по воздуховода распределяется по обслуживаемые помещения. Уровень комфорта температурного режима приточного воздуха достигается с использованием узла управления подачей теплоносителя в воздушнонагреватель.

### Список литературы

1. Густав, Олссон. Цифровые системы автоматизации и управления / Олссон Густав, Пиани Джангуидо. – Санкт Петербург, Невский диалект, 2021. – 557 с.
2. Кокорин, О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха / О.Я. Кокорин. - М.: Физматлит. 2023. – 272с.
3. Королев, Г.В. Электронные устройства автоматики / Г.В. Королев. - М: Высшая школа, 2021. – 256с.
4. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н. Богословский. - М: Стройиздат, 2016. – 273с.
5. Молчанов, Б.С. Проектирование промышленной вентиляции / Б.С. Молчанов. - М: Стройиздат, 2020. – 228с.
6. Кузьмин, М.С. Вытяжные и воздухораспределительные устройства / М.С. Кузьмин, П.А. Овчинников. - М.: Стройиздат. 2019. – 168с.
7. Токхейм, Р. Основы цифровой электроники /Р. Токхейм - М.: Мир, 1988. – 392с.
8. Каталог Siemens FI 01. Контрольно-измерительные приборы, 2019. – 412 с.

9. Белов, С.В. Охрана окружающей среды: Учеб. пособие для студентов вузов / С.В. Белов. - М.: Высшая школа, 2023. – 264с.

10. Моисеева, Н.К. Современное предприятие / Н.К. Моисеева, Ю.П. Анискин. - М.: Внешторгиздат, 1993. – 245с.

### References

1. Gustav, Olsson. Digital automation and control systems / Olsson Gustav, Piani Dzhanguido. - St. Petersburg, Nevsky Dialect, 2021. – 557 p.

2. Kokorin, O.Ya. Modern air conditioning systems / O.Ya. Kokorin. - М.: Fizmatlit. 2023. – 272 p.

3. Korolev, G.V. Electronic automation devices / G.V. Korolev. - М: Higher School, 2021. – 256 p.

4. Bogoslovsky, V.N. Heating and ventilation / V.N. Theological. - М: Stroyizdat, 2016. – 273 p.

5. Molchanov, B.S. Design of industrial ventilation / B.S. Molchanov. - М: Stroyizdat, 2020. – 228 p.

6. Kuzmin, M.S. Exhaust and air distribution devices / M.S. Kuzmin, P.A. Ovchinnikov. - М.: Stroyizdat. 2019. – 168 p.

7. Tokheim, R. Fundamentals of digital electronics / R. Tokheim - М.: Mir, 1988. – 392 p.

8. Catalog Siemens FI 01. Instrumentation, 2019. – 412 p.

9. Belov, S.V. Environmental protection: Textbook. manual for university students / S.V. Belov. - М.: Higher School, 2023. – 264 p.

10. Moiseeva, N.K. Modern enterprise / N.K. Moiseeva, Yu.P. Aniskin - М.: Vneshtorgizdat, 1993. – 245 p.

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ  
АВТОМАТИЗАЦИИ  
FUNDAMENTALS OF BUILDING NEURAL NETWORKS  
IN AUTOMATION SYSTEMS**

**Шестаков Д.В., студент**

**Михайлов А.М., студент**

**Щербакова И.В., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

shcherbakovaiv@vglta.vrn.ru

**Shestakov D.V., Student**

**Mikhailov A.M., Student**

**Shcherbakova I.V., Candidate of Technical Sciences,**

**Associate Professor**

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies

named after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В работе рассматриваются принципы работы и основы построения нейронных сетей применительно к их использованию в системах автоматизации. Приведен пример обучения нейронной сети алгоритмом backward propagation.

**Abstract:** The paper discusses the principles of operation and the basics of building neural networks in relation to their use in automation systems. An example of training a neural network using the backward propagation algorithm is given.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, перцептрон, система автоматизации, алгоритм backward propagation, программа, python.

**Keywords:** neural network, perceptron, automation system, backward propagation algorithm, program, python.



Одним из перспективных направлений совершенствования систем автоматизации является применение нейронных сетей. Для решения задач автоматического управления производственными процессами чаще всего используются полносвязные нейронные сети прямого распространения. Полносвязная нейронная сеть прямого распространения — это тип нейронной сети, в которой каждый нейрон текущего слоя связан с каждым нейроном следующего слоя. Прямое распространения означает, что сигнал распространяется от входа к выходу без обратных связей. На рисунке 1 представлена структура построения ИНС прямого распространения.

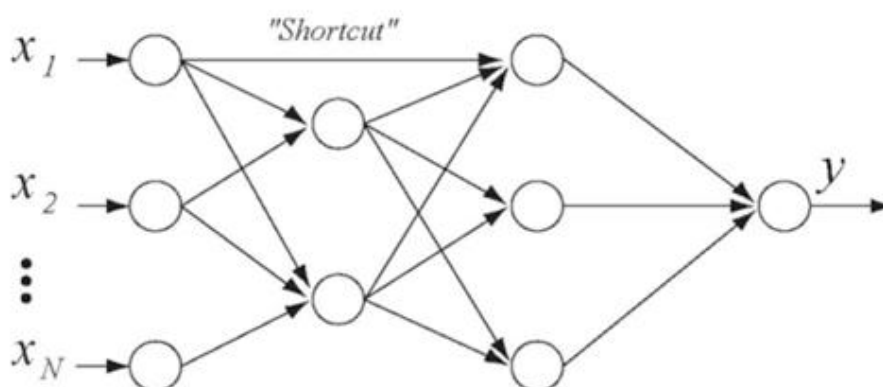


Рисунок 1 – ИНС прямого распространения

В основе построения нейронной сети лежит нейрон. Нейрон принимает несколько входных сигналов, взвешивает их и суммирует. Затем сумма пропускается через функцию активации

$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0,5 \\ 0, & x < 0,5 \end{cases}$$

которая определяет выход нейрона:

$$x = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n.$$

Чтобы сделать нейронную сеть более эффективной, можно добавить скрытые слои. Скрытые нейроны могут обнаруживать более сложные закономерности во входных данных. Учитывая, что полносвязная нейронная сеть прямого распространения – это многослойный перцептрон, то для понимания принципов ее работы необходимо знать, что такое перцептрон.

Перцептрон – это простейшая нейронная сеть, которая может использоваться для классификации данных. В структуре перцептрона можно выделить:

- входной слой (принимает входные данные);
- скрытый слой (обрабатывает данные);
- выходной слой (выдает результат классификации).

Разделение перцептрона на слои схематично представлено на рисунке 2.

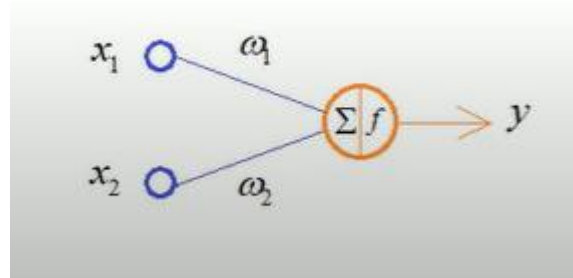


Рисунок 2 – Разделяющая прямая

Перцептрон может классифицировать данные, создавая разделяющую прямую. Эта прямая разделяет данные на два класса. Точки, которые находятся выше прямой, относятся к одному классу, а точки, которые находятся ниже прямой, относятся к другому классу. Пример классификации элементов нейронной сетью показан на рисунке 3.

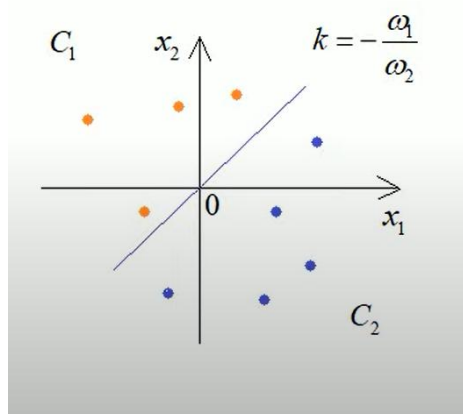


Рисунок 3 – Классификация элементов нейронной сетью

В ряде случаев в модели искусственного нейрона вводят дополнительный параметр – смещение, который позволяет настроить выход сети независимо от входных значений. Смещение можно рассматривать как

способ внесения некоторого предвзятого значения (bias) в сумму входных сигналов, прежде чем она будет передана функции активации.

Смещение дает следующие преимущества:

### 1. Сдвиг порога решения

Без смещения, только входные данные определяют активацию нейрона.

Смещение позволяет модели регулировать порог активации.

### 2. Гибкость в обучении

Смещение позволяет нейронной сети лучше аппроксимировать различные функции путем смещения линии решения в многомерном пространстве.

### 3. Разделимость данных

В случае когда без смещения разделяющая гиперплоскость (линия решения) проходила бы через начало координат, смещение позволяет сдвинуть эту линию, чтобы лучше разделить классы.

В перцептроне и общих моделях искусственных нейронных сетей смещение представляет собой важную составляющую модели, которая способствует созданию более точных и универсальных прогностических систем.

Для создания более сложных классификаторов используют объединение перцептронов. Например, можно объединить два перцептрона, чтобы создать область классификации в форме полосы (рисунок 4).

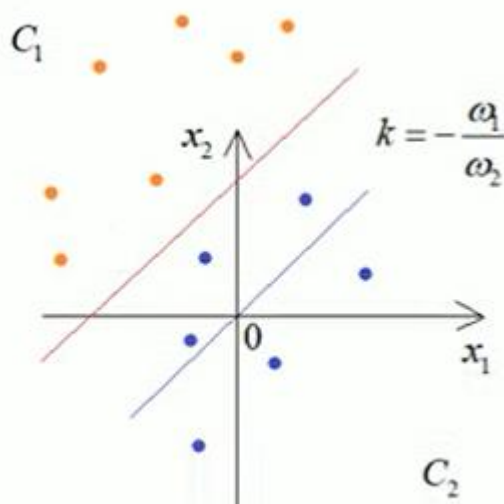


Рисунок 4 – Объединение перцептронов

Следует отметить, что при большом количестве нейронов появляется необходимость в разработке дополнительных алгоритмов.

Важнейшим принципом работы нейронной сети является ее обучение. Один из распространенных подходов к обучению – обучение с учителем. Он заключается в последовательном предъявлении нейронной сети векторов наблюдений и последующей корректировке весовых коэффициентов так, чтобы выходное значение соответствовало как можно ближе требуемому отклику. Поскольку для каждого вектора наблюдений у нас известен желаемый результат, то обучение состоит в требовании от сети, чтобы она показывала правильный результат, то есть разработчик выступает как бы в роли учителя: он говорим, что хорошо, что правильно, а что неправильно.

Рассмотрим особенности обучения нейронных сетей алгоритмом backward propagation. Обратное распространение ошибки (backpropagation) — это алгоритм обучения, используемый в многослойных нейронных сетях, который включает два основных этапа: прямое распространение и обратное распространение. Рассмотрим особенности второго этапа, т.е. обратное распространение (backward propagation):

- Ошибка, начиная с выходного слоя, используется для вычисления градиентов функции потерь по отношению к каждому весу в сети.

- С использованием такого правила дифференцирования, как цепное правило, градиенты распространяются назад, обновляя веса в предыдущих слоях.

- Градиенты смещения также вычисляются и обновляются.

Обновление весов происходит по правилу обновления, часто используя метод стохастического градиентного спуска (SGD) или его варианты. Чтобы минимизировать ошибку, веса обновляются в противоположном градиенту направлении.

Алгоритм backward propagation является итерационным. Процедуры прямого и обратного распространения повторяются множество раз (итераций) до тех пор, пока нейронная сеть не перестанет существенно сокращать ошибку, т.е. не будет считаться достаточно «обученной».

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N e_j^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N (d_j - y_j)^2$$

Рассмотрим пример применения алгоритма обучения нейронных сетей по методу обратного распространения ошибки. Будем обучать нейронную сеть на данных с требуемыми откликами, приведенных на рисунке 5.

Вектор наблюдений	Требуемый отклик
[-1, -1, -1]	-1
[-1, -1, -1]	1
[-1, -1, -1]	-1
[-1, -1, -1]	1
[-1, -1, -1]	-1
[-1, -1, -1]	1
[-1, -1, -1]	-1
[-1, -1, -1]	-1

Рисунок 5 – Исходные данные для обучения сети

Приведем листинг программы, написанной на python.

```
import numpy as np
# Функция для вычисления гиперболического тангенса
def f(x):
    return 2/(1+np.exp(-x)) - 1
# Функция для вычисления производной
def df(x):
    return 0.5*(1 + x)*(1 - x)
# Веса для первого слоя нейронных сетей
W1 = np.array([[0.2, 0.3, -0.4], [0.1, -0.3, -0.4]])
# Веса для второго слоя нейронных сетей
W2 = np.array([0.2, 0.3])
# Функция для обратного распространения ошибки
def go_forward(inp):
    sum = np.dot(W1, inp)
    out = np.array([f(x) for x in sum])
    sum = np.dot(W2, out)
    y = f(sum)
    return (y, out)
# Функция для обучения нейронной сети
def train(epoch):
    global W1, W2
    lmd = 0.01 # шаг обучения
    N = 10000 # количество эпох(итераций)
    count = len(epoch) # количество элементов в обучающей выборке
```

```

for i in range(N):
x = epoch[np.random.randint(0, count)] # случайный выбор элемента из
обучающей выборки
y, out = go_forward(x[0:3]) # прямой проход по нейронной сети и вычисление
выходных значений
e = y - x[-1] # ошибка
delta = e * df(y) # дельта для выходного слоя (локальный градиент)
W2[0] = W2[0] - lmd * delta * out[0] # корректировка веса первой связи
W2[1] = W2[1] - lmd * delta * out[1] # корректировка веса второй связи
delta2 = W2 * delta * df(out) # вектор из 2-х величин локальных градиентов
# корректировка связей первого слоя
W1[0, :] = W1[0] - np.array(x[0:3]) * delta2[0] * lmd
W1[1, :] = W1[1] - np.array(x[0:3]) * delta2[1] * lmd
# Обучающая выборка
epoch = [(-1, -1, -1, -1),
(-1, -1, 1, 1),
(-1, 1, -1, -1),
(-1, 1, 1, 1),
(1, -1, -1, -1),
(1, -1, 1, 1),
(1, 1, -1, -1),
(1, 1, 1, -1)]
# Обучение нейронной сети
train(epoch)
# Проверка работы нейронной сети
for x in epoch:
y, out = go_forward(x[0:3])
print(f'Выходное значение: {y}, Ожидаемое значение: {x[-1]}')

```

Скриншот вывода консоли после выполнения программы представлен на рисунке 6.

Опишем работу программы:

1. Импортируется библиотека `numpy`, которая является мощной библиотекой для числовых вычислений на Python.

2. Определяются две функции `f(x)` и `df(x)`. `f(x)` — это функция активации нейронов в сети. В данном случае это функция гиперболического

тангенса.  $df(x)$  — это производная функции активации, которая используется на этапе обратного распространения ошибки в процессе обучения.

```
C:\Users\user\PycharmProjects\ozon_bot\.venv\Scripts\python.exe C:\Users\user\PycharmProjects\ozon_bot\neuro.py
Выходное значение: 0.012932813328262682, Ожидаемое значение: -1
Выходное значение: 0.928435420291492, Ожидаемое значение: 1
Выходное значение: -0.8726038042203826, Ожидаемое значение: -1
Выходное значение: 0.8749769701448529, Ожидаемое значение: 1
Выходное значение: -0.8749769701448528, Ожидаемое значение: -1
Выходное значение: 0.8726038042203828, Ожидаемое значение: 1
Выходное значение: -0.9284354202914922, Ожидаемое значение: -1
Выходное значение: -0.01293281332826246, Ожидаемое значение: -1

Process finished with exit code 0
```

Рисунок 6 – Вывод консоли после выполнения программы

3. Программа инициализирует веса нейронов сети. «W1» — это двумерный массив, представляющий веса для первого слоя нейронов, а «W2» — это одномерный массив, представляющий веса для второго слоя нейронов.

4. Определяется функция `go_forward(inp)`. Эта функция принимает входной вектор `inp`, умножает его на веса первого слоя нейронов, применяет функцию активации, затем умножает результат на веса второго слоя нейронов и снова применяет функцию активации. Результатом является выход сети для данного входа.

5. Определяется функция `train(epoch)`. Эта функция обучает сеть с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Он принимает массив обучающих примеров «эпоха» и для каждого примера вычисляет выходные данные сети, вычисляет ошибку между выходными и ожидаемыми выходными данными и соответствующим образом корректирует веса нейронов.

6. Затем программа определяет набор обучающих примеров и обучает сеть с использованием этих примеров.

7. Программа тестирует сеть, вычисляя выходные данные для каждого обучающего примера, и распечатывает результат.

Применение нейронных сетей в регуляторах систем автоматического управления имеет как свои достоинства, так и недостатки.

К недостаткам относят тот факт, что обучение нейронных сетей является сложным и длительным процессом. Но этот недостаток компенсируется возможностью отказаться от формулировки точных правил, описывающих

поведение регулятора, а заменить их настройкой регулятора в процессе обучения нейронной сети.

### Список литературы

1. Бишоп, К. М. Нейронные сети для распознавания образов / К. М. Бишоп. – Oxford: Clarendon press, 1996. – 482 с.
2. Рашка, С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А. В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.
3. Лисьих, А. С. Нейронные сети. Применение нейронных сетей в автоматизации процессов / А. С. Лисьих, А. А. Турчина, С. А. Шадрин // Исследования молодых ученых : Материалы LIII Международной научной конференции, Казань, 20–23 января 2023 года. – Казань: Молодой ученый, 2023. – С. 1-6.
4. Автоматизация с помощью нейросетей: Как искусственный интеллект меняет рабочие процессы и повседневную жизнь // vc.ru : сайт. – URL: <https://vc.ru/u/2056024-setevye-mysli/766278-avtomatizaciya-s-pomoshchyu-neyrosetey-kak-iskusstvennyu-intellekt-menyaet-rabochie-processy-i-povsednevnuyu-zhizn> (дата обращения: 19.04.2024).
5. Искусственные нейронные сети управления технологическими процессами // Control Engineering: сайт. – URL: [https://controlengrussia.com/perspektiva/neural\\_networks/](https://controlengrussia.com/perspektiva/neural_networks/) (дата обращения: 19.04.2024).

### References

1. Bishop, K. M. Neural networks for pattern recognition / K. M. Bishop. – Oxford: Clarendon press, 1996. – 482 p.
2. Rashka, S. Python and machine learning / trans. from English by A. V. Logunova. – M.: DMK Press, 2017. – 418 p.
3. Lisikh, A. S. Neural networks. Application of neural networks in process automation / A. S. Lisikh, A. A. Turchina, S. A. Shadrin // Research of young scientists: Proceedings of the LIII International Scientific Conference, Kazan, January 20–23, 2023. – Kazan: Young Scientist, 2023. – P. 1-6.
4. Automation using neural networks: How artificial intelligence is changing work processes and everyday life // vc.ru: website. – URL: <https://vc.ru/u/2056024-setevye-mysli/766278-avtomatizaciya-s-pomoshchyu-neyrosetey-kak->



iskusstvennyy-intellekt-menyaet-rabochie-processy-i-povsednevnyu-zhizn (access date: 04/19/2024).

5. Artificial neural networks for controlling technological processes // Control Engineering: website. – URL: [https://controlengrussia.com/perspektiva/neural\\_networks\\_/](https://controlengrussia.com/perspektiva/neural_networks/) (date of access: 04/19/2024).

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

DOI: 10.58168/ROBOTICS2024\_192-199

УДК 621.9.042

**СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ  
MODERN CONTROL AUTOMATION TOOLS IN MECHANICAL  
ENGINEERING****Богданов И.В., студент****Евдокимова С.А., к.т.н., доцент**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

lomalo.8200@mail.ru

**Bogdanov I.V., Student****Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor**FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье описываются современные средства контроля качества машиностроительной продукции. Основное внимание уделено методам неразрушающего контроля. Рассмотрены его разновидности, принципы обнаружения дефектов, достоинства и недостатки, используемые устройства.

**Abstract:** The article describes modern means of quality control of engineering products. The main attention is paid to non-destructive testing methods. Its varieties, principles of defect detection, advantages and disadvantages, and devices used are considered.

**Ключевые слова:** контроль качества, автоматизация, неразрушающий контроль, ультразвуковой метод, магнитная дефектоскопия, радиографический метод.

**Keywords:** quality control, automation, non-destructive testing, ultrasonic method, magnetic flaw detection, radiographic method.

Машиностроение – это отрасль промышленности, производящая всевозможные машины, приборы, а также предметы потребления и продукцию оборонного назначения. Продукция используется во всех сферах народного хозяйства, поэтому важным требованием к продукции машиностроения является ее высокое качество [1].

Согласно стандартам ИСО серии 9000 термин «качество» означает степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям [2]. К данным требованиям относятся соответствие продукта его назначению, удовлетворение потребностей потребителя, соответствие применяемым стандартам и техническим условиям, к охране окружающей среды и т.д. Кроме эксплуатационных требований к машиностроительным изделиям предъявляются требования, связанные с точностью размеров, шероховатости поверхности, прочности и твердости, обеспечивающие долговечность эксплуатации продукции.

Для выполнения необходимых требований в машиностроении в процессе производства применяют современные средства контроля качества, одним из которых является неразрушающий контроль (НК) [3-5].

Неразрушающий контроль (НК) – это проверка качества изделия без его разбора, демонтажа или разрушения. Для этого используются методы, которые проверяют основные характеристики изделия без вмешательства в его целостность. Неразрушающий контроль является наиболее эффективным при определении прочности и качества материалов, заготовок и готовых изделий, так как с помощью этого метода можно оценить качество каждого изделия, не разрушая и не нарушая целостности, а не отдельных экземпляров из партии [6].

НК имеет большое значение в машиностроении, так как позволяет своевременно обнаруживать дефекты и несоответствия, что повышает надежность и безопасность изделий [1, 6].

Основными методами неразрушающего контроля являются [1]:

- ультразвуковой (УЗ) – использует ультразвуковые волны, которые позволяют обнаруживать внутренние дефекты материалов;
- магнитный (магнитопорошковый) – основан на использовании магнитных полей для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов в ферромагнитных материалах (железо, никель, кобальт);
- радиографический (РК) – использует рентгеновское и гамма-излучение для просвечивания материалов и обнаружения внутренних дефектов.

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля основан на излучении и фиксировании ультразвуковых колебаний, которые возникают при отражении от дефекта [7-9]. Параметры принятых ультразвуковых колебаний анализируются (амплитуда, форма, время возвращения и другие) и позволяют оценить степень повреждения технического устройства или несущих конструкций. УЗ метод является наиболее распространенным физическим методом НК и позволяет выявлять различные дефекты поверхностей и сварных соединений такие как трещины, непровары шва, расслоения металла, несплавления шва и другие.

Ультразвуковой метод обладает высокой чувствительностью, имеет относительно низкую стоимость используемого оборудования, безопасен и позволяет выявлять скрытые дефекты без приостанавливания деятельности объекта. Однако, ультразвуковой метод не лишен недостатков, среди которых трудность проведения неразрушающего контроля крупнозернистых металлов (из-за затухания ультразвуковых волн). Для контроля данным методом используют ультразвуковой дефектоскоп, пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП), а также с применением мобильных роботов и роботизированных комплексов [8-10].

На рисунке 1 представлено фото УЗ дефектоскопа A1214 Expert [10], который предназначен для контроля сварных швов, обеспечивает поиск трещин, внутренних расслоений, мест коррозии, определяет координаты дефектов, измеряет толщину изделия и др. Полученные результаты измерений можно в дальнейшем обрабатывать на ПК.



Рисунок 1 – Ультразвуковой дефектоскоп A1214 Expert

В [8] представлен компьютерный анализатор-томограф, выполняющий УЗ поиск дефектов опасных производственных объектов. Его особенностью является дистанционный поиск дефектов, их компьютерная визуализация,

автоматизированный расчет параметров дефектов, формирование запросов и применение базовых функций искусственного интеллекта. Применяемые технологии обеспечивают повышение производительности, надежности и качество контроля.

Магнитный метод неразрушающего контроля (или магнитная дефектоскопия) – это метод, основанный на изучении взаимодействия объекта с магнитным полем. Он применяется для выявления дефектов изделий из ферромагнитных материалов путем нанесения на исследуемую деталь специального магнитного порошка, частицы которого, попав в магнитное поле, формируют узор (индикаторный рисунок) и позволяют невооруженным глазом увидеть скрытые дефекты (например, трещины) [1, 11].

С помощью магнитной дефектоскопии можно обнаружить различные трещины, волосовины, неметаллические включения, дефекты сварных соединений и т.д. Данный метод широко применяется при проверке структурного состояния стальных и чугунных изделий, например, железнодорожных путей [11].

Преимущества магнитопорошкового метода НК заключаются в возможности выявления мелких дефектов, его относительно небольшой трудоемкости. Магнитопорошковый метод используется не только в производстве, но и в ходе эксплуатации, например, для выявления усталостных трещин.

К недостаткам метода можно отнести низкую производительность контроля и трудность его автоматизации.

Для контроля данным методом используют устройства для намагничивания и размагничивания контролируемых объектов, магнитометры, ферритометры и т.д. На рисунке 2 представлен пример магнитопорошкового дефектоскопа – NOVOTEST МПД-17П [12], который применяют при ремонте подвижного состава на предприятиях железнодорожного транспорта для контроля качества деталей и узлов.



Рисунок 2 – Магнитопорошковый дефектоскоп

Радиографический контроль – это метод, который основан на зависимости интенсивности рентгеновского (или гамма) излучения, прошедшего через облучаемое изделие, от материала поглотителя и его толщины. РК используется для контроля качества сварных соединений, наличия трещин, пор, инородных включений и т.д. [1, 13]. Если исследуемый объект имеет дефекты, то будет неравномерно ослаблено излучение, что говорит о неоднородности поверхности, а, следовательно, о наличии дефектов.

Преимуществами РК являются точная локализация достаточно мелких дефектов, возможность оценки величины вогнутости, выпуклости корня сварного шва. Недостатком данного метода является высокая цена оборудования и высокие требования к безопасности его использования – необходимо обеспечивать радиационную безопасность персонала [13].

Для выполнения РК используют следующие приборы: рентгеновские аппараты и пленки, негатоскопы промышленные, дозиметры, денситометры и т.д.

Таким образом, неразрушающий контроль качества состоит из различных методов, позволяющих оценить качество изделия, не нарушая его целостности и не повреждая его, что положительно сказывается на эффективности такого контроля. Возможность контроля без разрушения, позволяет оценивать не часть изделий из партий, а все изделия, что сильно увеличивает качество готовой продукции.

## Список литературы

1. Бекетова, О.Н. Инновационные технологии управления качеством продукции на предприятиях машиностроения / О.Н. Бекетова, М.В. Арифиллин, А.Л. Фролов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 4-1. – С. 18-22.
2. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь : издание официальное : дата введения 2015.11.01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 53 с.
3. Симонов, П.В. Методы неразрушающего контроля для определения наличия трещин в коленчатых валах / П.В. Симонов, А.А. Игнатьев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2021. – № 4 (91). – С. 42-50.
4. Николенко, С.Д. Автоматизация процесса контроля качества сварных соединений / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, Н.В. Акамсина // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 3. – С. 76-85.
5. Губин, М.С. Автоматизация технологии комплексного неразрушающего контроля качества покрытий изделий сложной геометрической формы / М.С. Губин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 1 (63). – С. 3-7.
6. Черепанов, А.П. Оценка результатов неразрушающего контроля / А.П. Черепанов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. – 2021. – Т. 1, № 18. – С. 67-76.
7. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 4-9.
8. Козлов, Ю.Н. Компьютерный анализатор-томограф дефектов для ультразвуковой дефектоскопии опасных производственных объектов / Ю.Н. Козлов // Перспективы науки. – 2023. – № 6 (165). – С. 30-34.
9. Корнелюк, А.Д. Мобильный робот для дефектоскопии сварных швов трубопровода / А.Д. Корнелюк, Б.Р. Бакланов, К.А. Туркова // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 2-7. – С. 171-176.
10. Акустические контрольные системы – Ультразвуковой дефектоскоп А 1214 Expert. – URL: <https://acsys.ru/ultrazvukovoj-defektoskop-a1214-expert/?ysclid=lupq2ciqcu785746823>(дата обращения: 23.03.2024).

11. Меркурьев, И.В. Разработка робототехнического комплекса для диагностики стальных тросов методом неразрушающего контроля / И.В. Меркурьев, В.Е. Хроматов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 11. – С. 60-62.

12. Стационарные магнитные дефектоскопы | НТЦ Эксперт. – URL: <https://ntcexpert.ru/md/magnitnye-defektoskopy> (дата обращения: 23.03.2024).

13. Сидоров, Ю.Д. Формирование радиографического изображения регистрирующими средами на основе галогенида серебра / Ю.Д. Сидоров, Н.И. Ли // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 43-49.

## References

1. Beketova, O.N. Innovative technologies for product quality management at mechanical engineering enterprises / O.N. Beketova, M.V. Arifullin, A.L. Frolov // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2023. – No. 4-1. – P. 18-22.

2. GOST R ISO 9000-2015. Quality management systems. Basic provisions and dictionary: official edition: date of introduction 2015.11.01. – М.: Standartinform, 2016. – 53 p.

3. Simonov, P.V. Non-destructive testing methods for determining the presence of cracks in crankshafts / P.V. Simonov, A.A. Ignatiev // Bulletin of Saratov State Technical University. – 2021. – No. 4 (91). – P. 42-50.

4. Nikolenko, S.D. Automation of the process of quality control of welded joints / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, N.V. Akamsina // Modeling of systems and processes. – 2020. – Т. 13, No. 3. – P. 76-85.

5. Gubin, M.S. Automation of technology for complex non-destructive quality control of coatings of products of complex geometric shapes / M.S. Gubin // Technical and technological problems of service. – 2023. – No. 1 (63). – P. 3-7.

6. Cherepanov, A.P. Evaluation of non-destructive testing results / A.P. Cherepanov // Collection of scientific works of the Angarsk State Technical University. – 2021. – Т. 1, No. 18. – P. 67-76.

7. Andreev, E.S. Modeling of defects during ultrasonic testing of welded joints / E.S. Andreev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2020. – Т. 13, No. 1. – P. 4-9.



8. Kozlov, Yu.N. Computer analyzer-tomograph of defects for ultrasonic flaw detection of hazardous production facilities / Yu.N. Kozlov // Perspectives of science. – 2023. – No. 6 (165). – P. 30-34.
9. Kornelyuk, A.D. Mobile robot for flaw detection of pipeline welds / A.D. Kornelyuk, B.R. Baklanov, K.A. Turkova // Scientific almanakh of the Central Black Earth Region. – 2022. – No. 2-7. – pp. 171-176.
10. Acoustic control systems – Ultrasonic flaw detector A 1214 Expert. – URL: <https://acsys.ru/ultrazvukovoj-defektoskop-a1214-expert/?ysclid=lupq2ciqcu785746823> (date of access: 03/23/2024).
11. Merkuriev, I.V. Development of a robotic complex for diagnostics of steel cables using non-destructive testing / I.V. Merkuriev, V.E. Khromatov // News of Tula State University. Technical science. – 2021. – No. 11. – P. 60-62.
12. Stationary magnetic flaw detectors | STC Expert. – URL: <https://ntcexpert.ru/md/magnitnye-defektoskopy> (date of access: 03/23/2024).
13. Sidorov, Yu.D. Formation of a radiographic image using recording media based on silver halide / Yu.D. Sidorov, N.I. Lee // Bulletin of the University of Technology. – 2022. – T. 25, No. 4. – P. 43-49.

**МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ  
МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
MECHATRONIC MODULE FOR SEARCHING DEFECTS  
USING INFRORED RADIATION METHOD**

**Богданов И.В., студент**

**Карелин А.Н., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

lomalo.8200@mail.ru

**Bogdanov I.V., Student**

**Karelin A.N., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматриваются проблемы, связанные с повышением качества производства в машиностроении путем внедрения мехатронных систем. Которые повысят качество и эффективность производства. В работе рассмотрен возможный вариант технической разработки подобной установки.

**Abstract:** The article discusses the problems associated with improving the quality of production in mechanical engineering through the introduction of mechatronic systems. Which will increase the quality and efficiency of production. The work discusses a possible option for the technical development of such an installation.

**Ключевые слова:** мехатронный модуль, подвижная платформа, головное устройство, программное обеспечение.

**Keywords:** Mechatron module, moving platform, head unit, software.

18 декабря 2023 года президент РФ Владимир Путин заявил: «Сферы применения роботов в России есть, но робототехника пока развита в

недостаточной степени». Также президент отметил, что применение роботов связано со многими факторами, такими как доставка или перемещение опасных грузов. Он подчеркнул, что если появляются новые механизмы с новыми функциями и возможностями широкого применения, то безусловно это нужно использовать.

На наш взгляд, одной из перспективных сфер использования Мехатронных и робототехнических систем является Машиностроение. Применение МиР в этой сфере позволит не только расширить функционал подобных систем, но и решить одни из основных проблем машиностроения, такие как **отсутствие инновационных преимуществ**, что препятствует выходу предприятий на новый уровень развития и тормозит повышение конкурентоспособности и экономической устойчивости. А также проблему **повышения качества**.

**Мехатронный модуль** поступательного движения, для сканирования объектов на наличие дефектов, можно применять на предприятиях, где нужно внимательно и точно определить качество изделия. При использовании такого сканера можно повысить эффективность и точность проверки, так как он будет проводить сканирование с помощью подвижного сканирующего модуля, который будет точно определять наличие дефектов. Если, при сканировании находится дефект, то мехатронный модуль останавливает конвейер и сообщает оператору о дефекте.

Выгода разработки такого модуля заключается в высокой эффективности и достоверности результатов, универсальности и относительной дешевизны.

Корпуса громоздких станков, реакторов и силовых машин часто изготавливаются методом «сплошного литья»: композитный материал или металл заливают в крупную форму, которую потом снимают с уже готового корпуса. Такой метод производства сокращает расходы на изготовление отдельных деталей, их подгонку, позволяет получать цельные крупномасштабные комплектующие. Но при таком способе производства всегда есть риск появления в сплошной структуре корпуса небольших пустот, трещин, микропор, которые невозможно обнаружить с помощью внешнего осмотра. Наличие таких повреждений в сплошной структуре корпуса во время его промышленной эксплуатации может привести к потере герметичности, механическому разрушению корпуса. Соответственно, перед началом сборки необходимо провести «диагностику» корпуса, проверить целостность структуры, чтобы обнаружить скрытые дефекты.

Использование тепловизоров – один из возможных способов поиска таких микротрещин: для того, чтобы найти проблему, не требуется механического вмешательства, а исключительно анализ распространения тепла.

Мехатронный модуль, оснащенный тепловизором, способен существенно повысить эффективность и качество производства.

### **Состав мехатронного модуля**

Главными составляющими данного мехатронного модуля являются:

1. Подвижная платформа
2. Электродвигатель;
3. Головное устройство.
4. Программное обеспечение

### **Подвижная платформа**

Так как мехатронный модуль производит анализ объемного объекта, необходимо, чтобы он имел возможность сканировать объект с разных сторон. Возможность сканирования с разных сторон обеспечивает подвижная платформа. В качестве передачи будем использовать шарико-винтовую, так как она имеет ряд преимуществ.

- бесшумность и плавностью работы;
- высокая точностью передачи;
- возможностью использования с двигателями небольшой мощности;
- сравнительно невысокий нагрев в процессе работы;
- возможность продолжительной непрерывной работы.

### **Электродвигатель**

В качестве привода будем использовать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором так как он обладает рядом преимуществ

- Относительно низкая стоимость, по сравнению с моделями на основе фазных роторов
- Стабильность при функционировании в условиях нормальной нагрузки
- Высокий коэффициент полезного действия
- Высокая степень надежности
- Низкие эксплуатационные затраты
- Долговечность

## **Головное устройство**

Самым главным элементом является головное устройство, так как с помощью его и производится сканирование объектов. В качестве Головного устройства будем использовать готовое решение. Строительный тепловизор НІКМІСRO М30.

- Разрешение тепловой матрицы 384 x 288 px (110 592 пикселей)
- Тепловая чувствительность- <35 мК (при температуре объекта +30 °С)
- Спектральный диапазон- 8 - 14 мкм
- Фокусное расстояние- 10 мм
- Мгновенное поле зрения (пространственное разрешение)- 1,7 мрад

## **Программное обеспечение**

Программное обеспечение данного мехатронного модуля условно можно разделить на ПО для движения платформы и ПО анализа. В качестве ПО движения можно использовать адаптированное ПО ЧПУ станка.

Принцип ПО анализа основывается на сравнении эталонной детали и полученной информации с тепловизора.

## **Достоинства и недостатки мехатронного модуля**

Преимущества:

- Дают возможность сканировать объекты, расположенные на удаленном расстоянии.
- Существенно ускоряют процесс «снятия» данных с любого объекта, даже очень сложного по форме, с большим количеством плоскостей.
- Обладает высокой достоверности результатов.
- Недостатки:
- Не всегда корректно отображают сложные объекты, с большим количеством вставок и перегородок.

- Для получения качественного результата требуют умений и навыков работы с определенными компьютерными программами по созданию 3д моделей.

- При постоянном нарушении правил эксплуатации может возникнуть необходимость в дорогостоящем ремонте оборудования.

Использование модуля не только позволит повысить быстроту обработки изделия и материала, а также повысить его качество, проведя исследования и устранение дефектов.

В конце может быть сказано, что этот модуль будет способствовать уменьшению брака товара в производстве и повышению эффективности предприятия в целом.

### Список литературы

1. Вставская, Е. В. Микропроцессорные устройства систем управления: учеб. пособие / Е. В. Вставская. – Челябинск : ЮУрГУ, 2015. – 52 с.
2. Стариков, А. В. Основы микропроцессорной техники: учеб. пособие / А. В. Стариков; М-во науки и высшего образования РФ, ФБГОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. – 164 с.
3. Логические схемы. Порядок построения логических схем // StudFiles. Файловый архив студентов : сайт. – URL: <https://studfile.net/preview/9497520/page:11/> (дата обращения: 22.04.2024)
4. Алгебра логики // Умскул : сайт. – URL: <https://umschool.net/library/informatika/algebra-logiki/> (дата обращения: 22.04.2024)

### References

1. Vstavskaya, E. V. Microprocessor devices of control systems: textbook. allowance / E. V. Vstavskaya. – Chelyabinsk: SUSU, 2015. – 52 p.
2. Starikov, A.V. Fundamentals of microprocessor technology: textbook. allowance / A. V. Starikov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "VSLTU". – Voronezh, 2022. – 164 p.
3. Logic circuits. The order of constructing logical circuits // StudFiles. File archive of students: website. – URL: <https://studfile.net/preview/9497520/page:11/> (access date: 04/22/2024)
4. Algebra of logic // Umskul: website. – URL: <https://umschool.net/library/informatika/algebra-logiki/> (access date: 04/22/2024)

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМ-СИСТЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ  
ON THE ISSUE OF USING CAM SYSTEMS WHEN DEVELOPING  
PROGRAMS FOR CNC MACHINES**

**Гончаров А.В., студент**

**Евдокимова С.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

san0306@bk.ru

**Goncharov A.V., Student**

**Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov»

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** Современные САМ-системы позволяют автоматизировать процесс разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ. В статье рассматриваются возможности ESPRIT и ADEM систем для проектирования обработки деталей на станках с ЧПУ.

**Abstract:** Modern CAM systems allow you to automate the process of developing control programs for CNC equipment. The article discusses the capabilities of ESPRIT and ADEM systems for designing the processing of parts on CNC machines.

**Ключевые слова:** ЧПУ, ESPRIT, ADEM, CAD/CAM-системы.

**Keywords:** CNC, ESPRIT, ADEM, CAD/CAM-systems.

В настоящее время существует несколько методов разработки программ для станков с числовым программным управлением (ЧПУ): ручное программирование, программирование на пульте управляющей системы с ЧПУ и при помощи CAD/CAM-систем [1]. Наиболее эффективным способом является программирование с помощью интегрированных CAD/CAM/CAPP-

систем, обеспечивающих сквозную автоматизацию конструкторско-технологической подготовки производства [1-3].

CAD-системы позволяют спроектировать 3D-модель детали, по которой далее разрабатывается технологический маршрут ее изготовления, выбираются используемые инструменты и оборудование, создаются управляющие программы. При разработке программ определяется траектория перемещения инструмента при черновой и чистовой обработке с учетом необходимых критериев оптимизации. Для этого выполняется моделирование процесса закрепления заготовки с учетом длины инструмента и длины рабочей части [4].

Многие современные CAM-системы (Computer Aided Manufacturing) позволяют разрабатывать программы для станков с ЧПУ. Наиболее популярными отечественными CAM-системами являются Компас-ЧПУ, ESPRIT TNG, ADEM, T-Flex, SprutCAM и другие [5-7].

Например, система ESPRIT обеспечивает программирование и поддерживает все процессы обработки на различных типах станков [7]. Использование цифрового двойника станка позволяет эффективно выполнить наладку станка и сократить время выполнения пробных итераций. Интерфейс системы представлен на рисунке 1 [7].

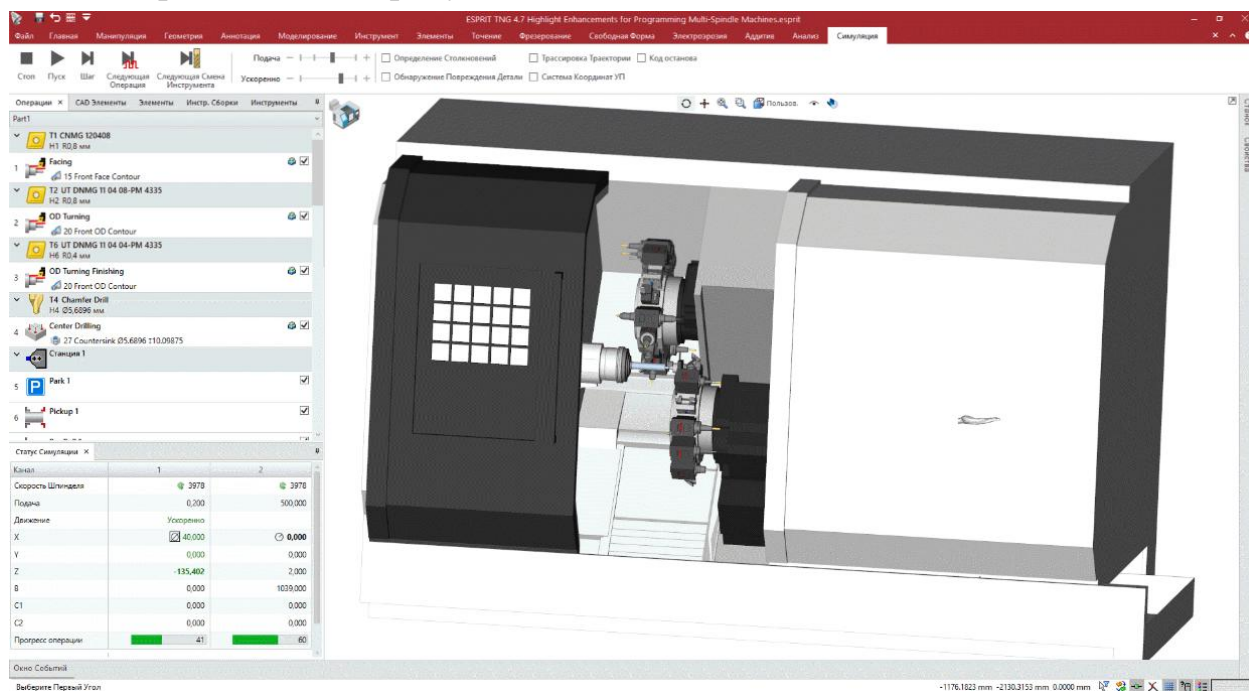


Рисунок 1 – Пример интерфейса системы ESPRIT TNG

Давыдов В.М., Гимадеев М.Р., Беркун В.О. в работе [8] представили алгоритм управляющей программы для токарного станка с использованием ESPRIT-системы. Вначале работы импортируется 3D-модель и для нее



выполняется настройка параметров заготовки и станка. В ESPRIT имеется ряд инструментов для черновой и чистовой токарной обработки, для обработки отверстий. Когда инструмент выбран, необходимо создать контур детали, а далее – описать этапы процесса обработки и их параметры. Авторы отмечают, что визуальная симуляция процесса обработки детали позволяет исправлять все несоответствия, тем самым обеспечивая проектирование технологического процесса для получения детали с заданной точностью. Заключительным этапом является генерация управляющей программы для станка с ЧПУ, подбор оптимального режима резания в зависимости от материала заготовки.

Авторы Ю.А. Темпель, О.А. Темпель в работе [9] также отмечают эффективность применения цепочки CAD/CAE/CAM-систем для автоматизации технологических процессов в машиностроении. Предложенный алгоритм «чертеж – трансформируемая CAD-модель – готовая деталь» включает два блока: первый – последовательность разработки управляющей программы для обработки типовой детали, а второй – для трансформируемой CAD-модели. Управляющая программа корректируется, учитывая погрешности от сил резаний, и обеспечивает точность металлообработки.

Другой рассматриваемой отечественной CAM-системой выберем ADEM, являющейся интегрированной CAD/CAM/CAPP/PDM-системой, предназначенной для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (рисунок 2) [6]. Особенностью модуля ADEM CAM является возможность моделирования обработки на станках в нескольких режимах. Моделирование движение может выполняться вдоль рассчитанной траектории и со снятием материала (рисунок 3) [6]. В ADEM имеется встроенный симулятор, а также можно подключать внешние симуляторы обработки (IMSVerify, NC-Manager).

Проектирование обработки на станках с ЧПУ в системе ADEM начинается с создания модели в модуле ADEM CAD и ее экспорт в ADEM CAM. В модуле ADEM CAM можно внести необходимые изменения ранее созданной модели, создать дополнительные контуры и объекты [6, 10].

Далее следует определить маршрут обработки, задавая параметры геометрии и обработки заготовки, требуемый инструмент. В результате будет создано дерево маршрута обработки, спроектирована траектория движения оборудования и программа для станков с ЧПУ. Все инструкции будут создаваться автоматически на основе имеющихся данных, которые использовались в параметрах каждого этапа обработки.

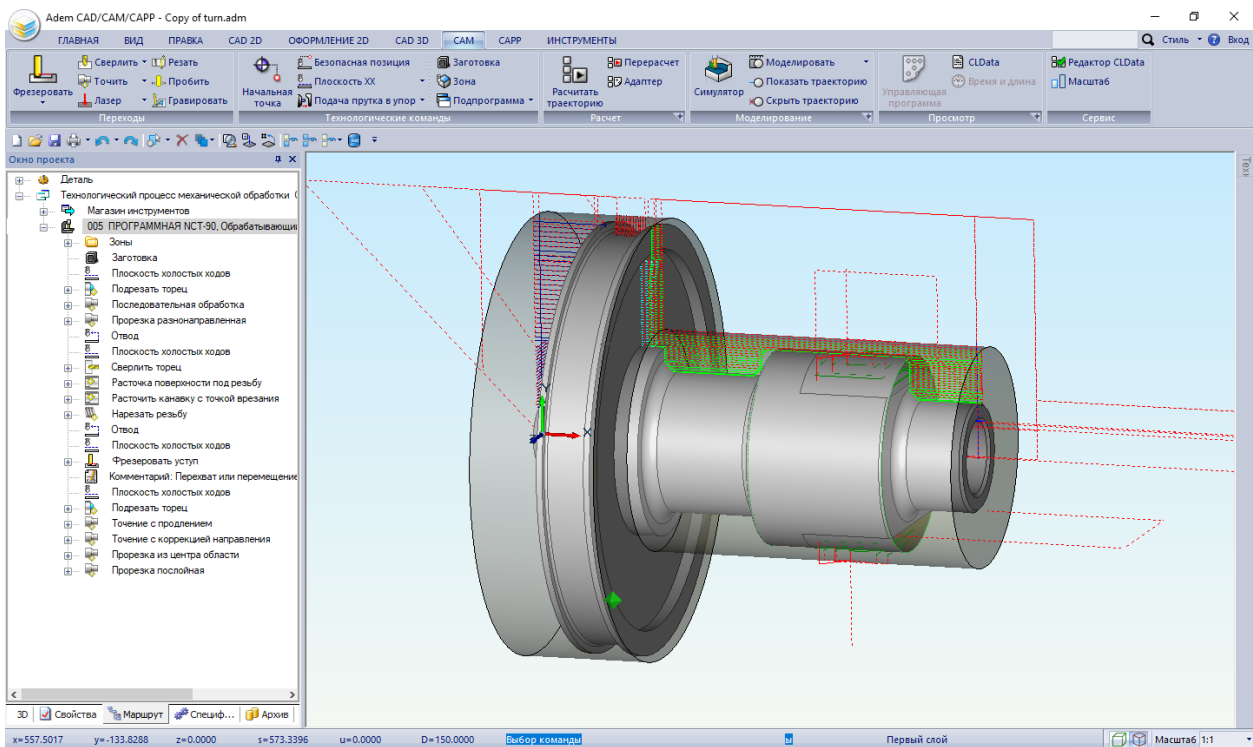


Рисунок 2 – Интерфейс системы ADEM CAD/CAM/CAPP

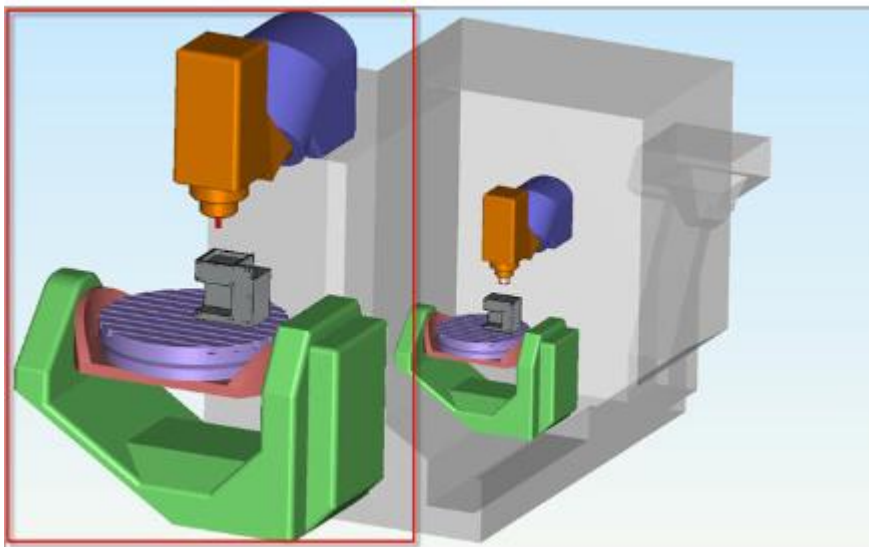


Рисунок 3 – Моделирование обработки детали в ADEM

Авторы в работе [11] предложили методику разработки управляющих программ и технологической документации с помощью ADEM CAD/CAM/CAPP, особенностью которой является сокращение документации, выполняемой технологом. Технолог подробно разрабатывает только операционную карту с управляющей программой для оборудования с ЧПУ, а другие документы создаются автоматически. Также сокращение времени разработки управляющих программ обеспечивает программирование на основе

конструктивных элементов (например, плоскость, отверстие и другие), на которые разбивается деталь. Разработчику просто требуется выделить на заданной модели нужный конструктивный элемент, а система выполнит все необходимые расчеты.

САМ-системы позволяют разрабатывать управляющие программы для обработки сложно-профильных поверхностей (СПП). В работе [12] Маркова М.И. описала методику проектирования операций фрезерования СПП, в которой назначение видов обработки ведется исходя из точности и шероховатости обрабатываемой поверхности. Проведенный эксперимент имитации процесса обработки различных деталей, содержащих СПП, проводился с контролем остатка не снятого материала.

Таким образом, методика разработки управляющих программ с помощью САМ-систем состоит из следующих этапов: импорт 3D-модели, определение видов обработки, выбор инструмента и режимов обработки, генерация программ и необходимой документации. Использование САМ-систем для разработки программ для станков с ЧПУ позволяет повысить качество технологических процессов обработки деталей, снизить количество ошибок и неточностей в проектно-конструкторской документации.

### Список литературы

1. Левченко, А.В. Использование принципов модульных технологий в машиностроительном производстве / А.В. Левченко, Э.К. Варданян // Информационные технологии XXI века : сборник научных трудов с международным участием. – Хабаровск, 2022. – С. 38-42.
2. Можегова, Ю.Н. Использование CAD/CAM-систем при разработке управляющих программ для станков с ЧПУ / Ю.Н. Можегова, Д.М. Девликамова // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2023. – № 3. – С. 134-136.
3. Ануфриев, Д.С. Применение технологии виртуальной реальности при разработке управляющих программ в САМ-системах / Д.С. Ануфриев, С.П. Грачев // Автоматизация в промышленности. – 2022. – № 12. – С. 56-58.
4. Колесов, А.Г. САМ системы и режимы резания / А.Г. Колесов, Д.Е. Сидоров, А.Ю. Тараховский // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – № 18. – С. 11-13.

5. Ведущее САМ-решение для сложных задач обработки и деталей с высокой добавленной стоимостью | ESPRIT. – URL: <https://www.espritam.com/ru-ru>(дата обращения: 23.03.2024).

6. ADEM – Автоматизация проектно-конструкторской и технологической подготовки производства. – URL: <https://adem.ru/>(дата обращения: 23.03.2024).

7. ООО «Центр СПРУТ-Т» - СПРУТКАМ. – URL: <https://csprut.ru/sprutcam/>(дата обращения: 23.03.2024).

8. Давыдов, В.М. Алгоритм управляющей программы для токарной обработки с применением САМ-модуля ESPRIT / В.М. Давыдов, М.Р. Гимадеев, В.О. Беркун // *Фундаментальные основы механики*. – 2022. – № 9. – С. 60-65.

9. Темпель, Ю.А. / Алгоритм автоматизированной коррекции управляющей программы по измененной САД-модели детали с учетом погрешностей // Ю.А. Темпель, О.А. Темпель // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2023. – № 1. – С. 444-448.

10. Аввакумов, А.А. Аддитивные технологии в САД/САМ/САРР АДЕМ-VX / А.А. Аввакумов. *Станкоинструмент*. – 2023. – № 3 (32). – С. 66-67.

11. Аверченков, А.В. Научноёмкая технология обработки заготовок на станках с ЧПУ и программирование в САМ-системе / А.В. Аверченков, И.Е. Колошкина, С.А. Шептунов // *Научноёмкие технологии в машиностроении*. – 2019. – № 4 (94). – С. 31-39.

12. Маркова, М.И., Методика проектирования операций для обработки сложно-профильных поверхностей / М.И. Маркова, Д.Н. Негруленко // *Актуальные проблемы в машиностроении*. – 2018. – Т. 5, № 3-4. – С. 9-14.

## References

1. Levchenko, A.V. Using the principles of modular technologies in mechanical engineering / A.V. Levchenko, E.K. Vardanyan // *Information technologies of the XXI century: a collection of scientific works with international participation*. – Khabarovsk, 2022. – P. 38-42.

2. Mozhegova, Yu.N. The use of САД/САМ systems in the development of control programs for CNC machines / Yu.N. Mozhegova, D.M. Devlikamova // *Assembly in mechanical engineering, instrument making*. – 2023. – No. 3. – P. 134-136.

3. Anufriev, D.S. Application of virtual reality technology in the development of control programs in CAM systems / D.S. Anufriev, S.P. Grachev // Automation in industry. – 2022. – No. 12. – P. 56-58.

4. Kolesov, A.G. CAM systems and cutting modes / A.G. Kolesov, D.E. Sidorov, A.Yu. Tarakhovsky // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – No. 18. – P. 11-13.

5. Leading CAM solution for complex machining tasks and high value-added parts | ESPRIT. – URL: <https://www.espritam.com/ru-ru> (date of access: 03/23/2024).

6. ADEM – Automation of design and technological preparation of production. – URL: <https://adem.ru/> (date of access: 03/23/2024).

7. LLC "Center SPRUT-T" - SPRUTKAM. – URL: <https://csprut.ru/sprutam/> (date of access: 03/23/2024).

8. Davydov, V.M. Control program algorithm for turning using the ESPRIT CAM module / V.M. Davydov, M.R. Gimadeev, V.O. Berkun // Fundamental principles of mechanics. – 2022. – No. 9. – P. 60-65.

9. Tempel, Yu.A. / Algorithm for automated correction of the control program based on the modified CAD model of the part, taking into account errors // Yu.A. Tempel, O.A. Tempel // News of Tula State University. Technical science. – 2023. – No. 1. – P. 444-448.

10. Avvakumov, A.A. Additive technologies in CAD/CAM/CAPP ADEM-VX / A.A. Avvakumov. Machine tools. – 2023. – No. 3 (32). – pp. 66-67.

11. Averchenkov, A.V. High-tech technology for processing workpieces on CNC machines and programming in a CAM system / A.V. Averchenkov, I.E. Koloshkina, S.A. Sheptunov // Science-intensive technologies in mechanical engineering. – 2019. – No. 4 (94). – pp. 31-39.

12. Markova, M.I., Methodology for designing operations for processing complex-profile surfaces / M.I. Markova, D.N. Negrulenko // Current problems in mechanical engineering. – 2018. – T. 5, No. 3-4. – P. 9-14.

**ВЫБОР ПРОГРАММЫ-СИМУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
CHOOSING A SIMULATOR PROGRAM FOR THE DESIGN  
OF ROBOTIC SYSTEMS**

**Локтионов А.С., студент**

**Евдокимова С.А., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

sasaloktionov255@gmail.com

**Loktionov A.S., Student**

**Evdokimova S.A., CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассматриваются программы-симуляторы для проектирования робототехнических систем, основным назначением которых является 3D-моделирование работы роботов. В работе отмечаются преимущества и недостатки таких систем как RoboLogix, Dyn-Soft RobSim 5, Gazebo.

**Abstract:** This article analyzes simulation programs for the design of an automated system, which, in fact, are 3D simulations of robots working. The work highlights the achievements and use of such in the RoboLogix system, Dynasoft RobSim 5, Gazebo.

**Ключевые слова:** робот, система, программа, RoboLogix, Dyn-Soft RobSim 5, Gazebo.

**Keywords:** Robot, system, program, RoboLogix, Dyn-Soft RobSim 5, Gazebo.

В современном мире всё чаще человеческий труд стал заменяться автоматизированным, многие предприятия постепенно внедряют роботизированные системы [1-3].

Роботизированные системы – это системы, состоящие из сенсоров, исполнительных устройств и управляющих устройств, которые работают совместно, для выполнения определённых операций [1, 4]. В большинстве случаев роботизируются большие производства, для увеличения массового производства изделий и уменьшения вероятности человеческого фактора, так как человеческий фактор приводит к браку во многих случаях.

Так же роботизация производится и на малых предприятиях, для уменьшения выплат сотрудникам.

Не так давно роботизация проводилась вручную, человек проводил много расчётов, чтоб построить небольшую систему. Это было не эффективно, так как не всем предприятиям подходила роботизация производства, но это узнавалась, после установки системы. Сейчас роботизированную систему можно спроектировать на компьютере, при этом можно привести симуляцию всей системы и убедиться, нужно ли это делать при меньших затратах [4-7]. При этом в зависимости от программы можно спроектировать 3D модель робота, электрическую схему робота, написать программу робота, рассчитать рабочую зону робота, стоимость комплектующих и т.д.

Рассмотрим небольшой список программ для проектирования робототехнических систем [8-11]:

1. Dyn-Soft RobSim 5;
2. Gazebo;
3. CoppeliaSim;
4. RoboLogix.

Рассмотрим каждую программу отдельно.

Dyn-Soft RobSim 5 – это программа, разработанная компанией Дин-Софт, представляет собой совокупность программ для моделирования роботов и робототехнических систем [8]. Она предназначена для обучения школьников и студентов ВУЗов таким дисциплинам, как:

- моделирование;
- проектирование;
- электроника;
- программирование микроконтроллеров;
- теория автоматического управления;

- интеллектуальные системы;
- и другим подобным дисциплинам.

Данная программа позволяет спроектировать робота максимально реалистичного и учесть все тонкости конструкции. Программа позволяет рассчитать массогабаритность характеристики системы. В базе данных RobSim 5 [8] имеются все необходимые компоненты для разработки системы с реальными свойствами и характеристиками, к примеру, источники питания, датчики, двигатели и т.д. Так же в программе можно построить электрическую схему робототехнической системы. Данная программа, имеет возможность создавать платы, для разработки интерфейса системы. При разработке системы пользователь может создавать программное обеспечение для работы системы. Интерфейс программы Dyn-Soft RobSim 5 представлена на рисунке 1.

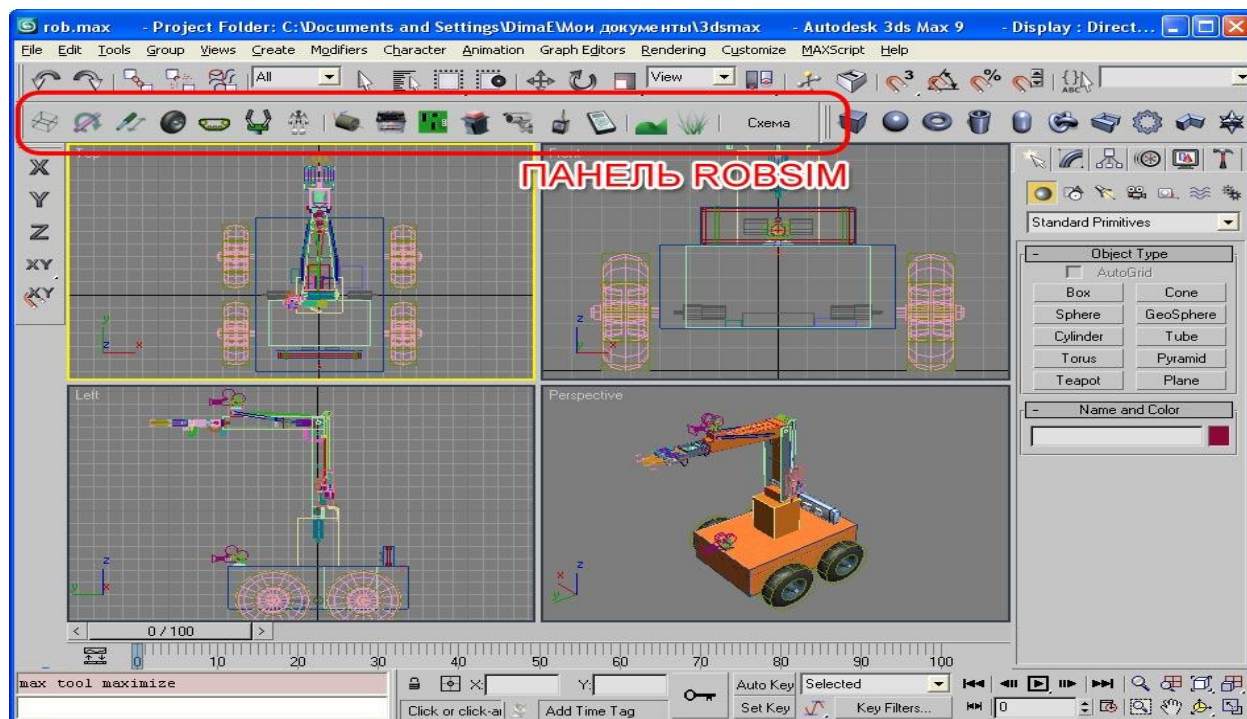


Рисунок 1 – Интерфейс Dyn-Soft RobSim 5

Преимущества:

- 1) удобный интерфейс;
- 2) есть обучающий контент;
- 3) удобно проектировать роботов;
- 4) большое количество возможностей по проектированию.

Недостатки:

- 1) цена;
- 2) требует знания программирования.



Gazebo – это 3D симулятор с открытым исходным кодом, который позволяет точно и эффективно моделировать роботов в различных условиях [9]. Данный симулятор позволяет наиболее точно просчитать физику робота благодаря Gzserver. Всё это позволяет тестировать сложные робототехнические системы в виртуальной среде, минимизируя ошибки при разработке системы. Пример интерфейса программы Gazebo представлен на рисунке 2.

Преимуществами являются удобный интерфейс и хорошая визуализация моделей, а недостатками – требования мощных ресурсов компьютера и знаний программирования.

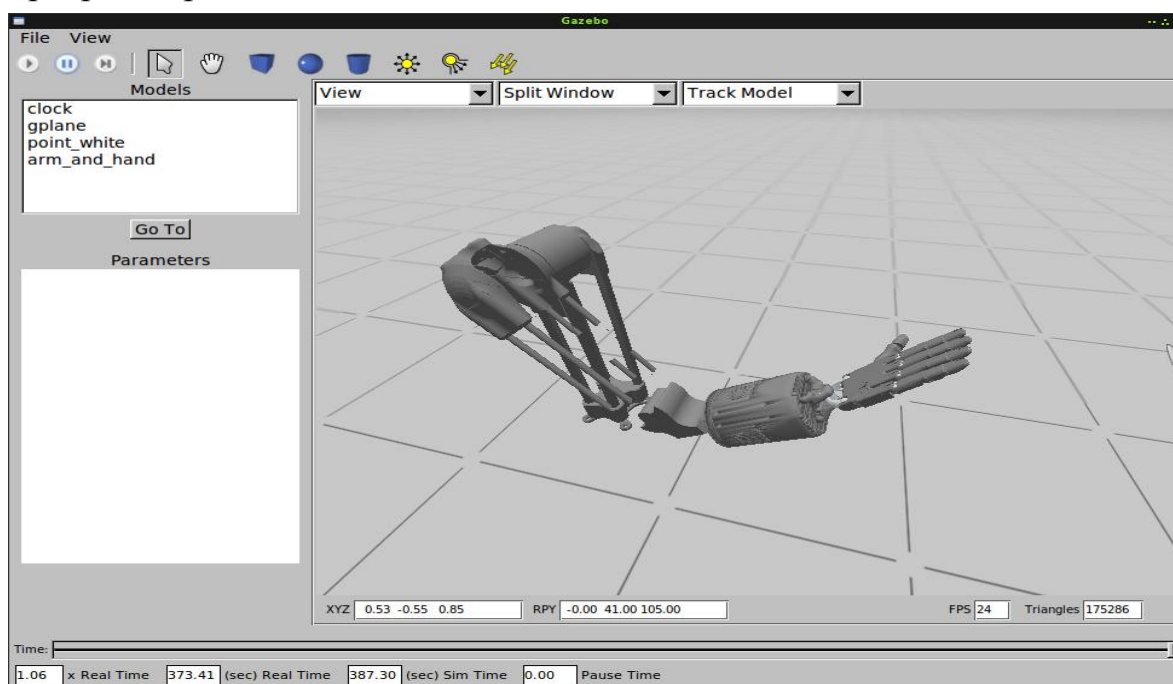


Рисунок 2 – Интерфейс Gazebo

Робототехнический симулятор CoppeliaSim [10] имеет интегрированную среду разработки и основан на распределенной архитектуре управления: каждым объектом/моделью можно индивидуально управлять с помощью встроенного скрипта, плагина, удаленных API-клиентов [10]. CoppeliaSim поддерживает несколько языков программирования – C/C++, Python, Java, Lua, Matlab или Octave. Для типового и настраиваемого моделирования имеется несколько движков, которые предназначены для описания объектов и их взаимодействия.

Для планирования движения робота имеется библиотека OMPL, которая представлена в виде плагина. В CoppeliaSim также имеются другие плагины, которые реализуют функции компьютерного зрения, расчета расстояний и другой вычислительной геометрии, генерации траектории движения и т.д. [10].

Интерфейс данной программы представлен на рисунке 3.

К преимуществам можно отнести удобный интерфейс, широкие возможности графического редактора и библиотека роботов.

Недостатками являются: стоимость, некоторая сложность в освоении, невозможность работы с несколькими сценами.

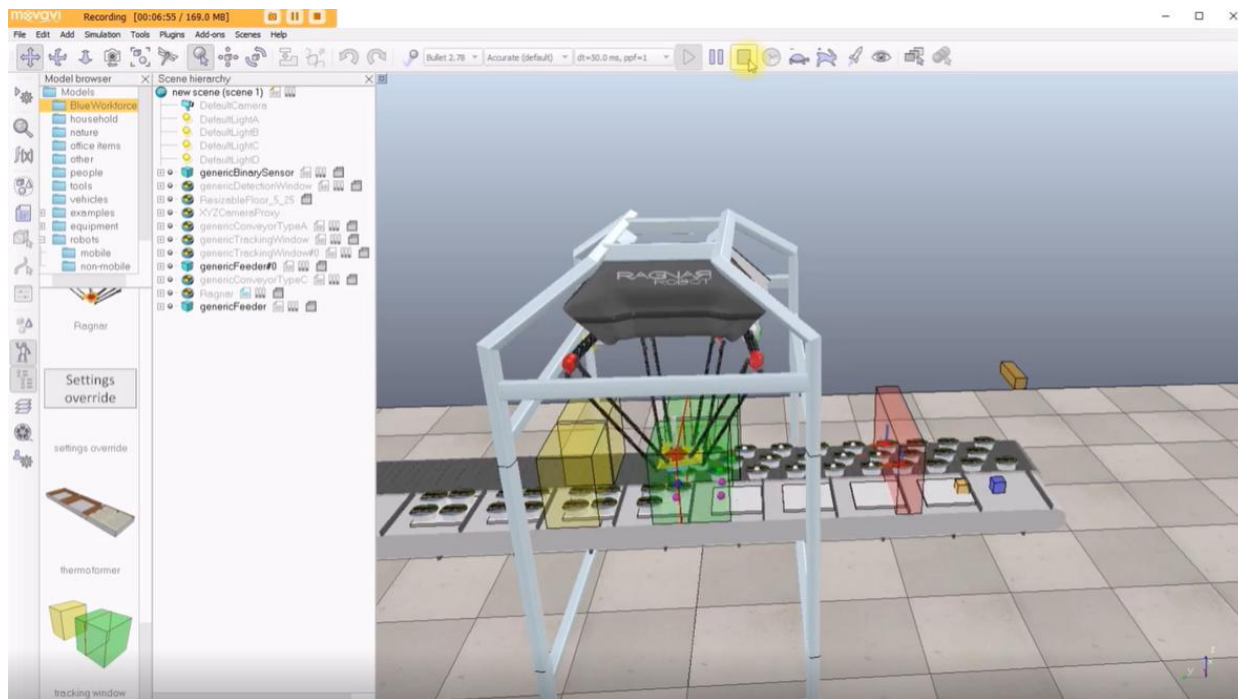


Рисунок 3 – Интерфейс CoppeliaSim

RoboLogix – это специальная программа робототехники, которая имеет физический движок для симуляции приложений робототехники. Данная программа позволяет экономить время при проектировании робототехнических систем, а также повышает уровень безопасности, связанная с внедрением робототехнических компонентов, а также даёт возможность просчитать все возможные варианты работы системы [11].

RoboLogix имеет возможность обучать пользователя возможностям системы. Также программа позволяет тестировать и запускать робота для анализа нюансов и возможностей. Пример интерфейса программы RoboLogix показан на рисунке 4.

Данная программа позволяет симулировать полностью поведения робота в виртуальном мире имитируя «реальный мир». Кроме этого, RoboLogix позволяет пользователю писать собственное программное обеспечение для роботов и использовать различные электронные устройства для них.

Преимущества RoboLogix:

1) удобный интерфейс;

- 2) есть обучающий контент;
- 3) много параметров по созданию роботов;
- 4) гибкость при открытии других моделей роботов.

Недостатки RoboLogix:

- 1) высокая цена;
- 2) требует мощный компьютера;
- 3) требует знания программирования.



Рисунок 4 – Интерфейс RoboLogix

Таким образом, в процессе сравнения можно выделить две программы: Dyn-Soft RobSim 5 и RoboLogix, которые позволят в полной мере спроектировать робототехническую систему. Они многофункциональные и гибкие. Главным их недостатком является цена, но они в полной мере оправдывают свою стоимость.

### Список литературы

1. Жиленков, А.А. Эволюция и проблемы реализации систем мягкой робототехники / А.А. Жиленков, А.А. Силкин, В.Г. Лещинский // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 51-55.

2. Романов, А.М. Обзор аппаратно-программного обеспечения систем управления роботов различного масштаба и назначения. Часть 1. Промышленная робототехника / А.М. Романов // Российский технологический журнал. – 2019. – Т. 7, № 5 (31). – С. 30-46.

3. Design and motion control scheme of a new stationary trainer to perform lower limb rehabilitation therapies on hip and knee joints / P. Sunilkumar [et al.] // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2022. – Т. 19, № 1. – Pp. 1-20.

4. Создание трехмерной кинематической модели манипулятора Delta при помощи системы автоматизированного проектирования в NX / А.А. Волошкин [и др.] // Робототехника и техническая кибернетика. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 20-29.

5. Полтавский, А.В. Компьютерное моделирование в задачах траекторного анализа многофункциональных беспилотных летательных аппаратов / А.В. Полтавский // Двойные технологии. – 2021. – № 1 (94). – С. 70-74.

6. Новикова, Т.П. Автоматизированное проектирование расположения базовых станций беспроводной сотовой связи / Т.П. Новикова, С.А. Евдокимова, Р.Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, № 4. – С. 61-70.

7. Петрухнова, Г.В. Проектирование систем управления робототехническими системами посредством CAD-системы / Г.В. Петрухнова, В.А. Трубецкой, А.С. Точилин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2023. – Т. 19, № 4. – С. 25-31.

8. Dyn-Soft RobSim 5. – URL: <http://robsim.dynsoft.ru/>(дата обращения: 19.03.2024).

9. Gazebo. – URL: <https://gazebosim.org/home>(дата обращения: 19.03.2024).

10. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot – Coppelia Robotics. – URL: <https://www.coppeliarobotics.com/>(дата обращения: 19.03.2024).

11. RoboLogix >> Home. – URL: <https://robologix.com/>(дата обращения: 19.03.2024).

## References

1. Zhilenkov, A.A. Evolution and problems of implementing soft robotics systems / A.A. Zhilenkov, A.A. Silkin, V.G. Leshchinsky // News of Tula State University. Technical science. – 2023. – No. 4. – P. 51-55.
2. Romanov, A.M. Review of hardware and software for control systems for robots of various sizes and purposes. Part 1. Industrial robotics / A.M. Romanov // Russian technological journal. – 2019. – T. 7, No. 5 (31). – P. 30-46.
3. Design and motion control scheme of a new stationary trainer to perform lower limb rehabilitation therapies on hip and knee joints / P. Sunilkumar [et al.] // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2022. – T. 19, No. 1. – Pp. 1-20.
4. Creation of a three-dimensional kinematic model of the Delta manipulator using a computer-aided design system in NX / A.A. Voloshkin [et al.] // Robotics and technical cybernetics. – 2023. – T. 11, No. 1. – P. 20-29.
5. Poltavsky, A.V. Computer modeling in tasks of trajectory analysis of multifunctional unmanned aerial vehicles / A.V. Poltavsky // Double technologies. – 2021. – No. 1 (94). – pp. 70-74.
6. Novikova, T.P. Automated design of the location of base stations for wireless cellular communications / T.P. Novikova, S.A. Evdokimova, R.Yu. Medvedev // Modeling of systems and processes. – 2023. – T. 16, No. 4. – P. 61-70.
7. Petrukhnova, G.V. Design of control systems for robotic systems using a CAD system / G.V. Petrukhnova, V.A. Trubetskoy, A.S. Tochilin // Bulletin of Voronezh State Technical University. – 2023. – T. 19, No. 4. – P. 25-31.
8. Dyn-Soft RobSim 5. – URL: <http://robsim.dynsoft.ru/> (access date: 03/19/2024).
9. Gazebo. – URL: <https://gazebo.org/home> (access date: 03/19/2024).
10. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot – Coppelia Robotics. – URL: <https://www.coppeliarobotics.com/>(access date: 03/19/2024).
11. RoboLogix >> Home. – URL: <https://robologix.com/>(access date: 03/19/2024).

**СКАНИРУЮЩИЙ МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ  
НА ВНЕШНИЕ ДЕФЕКТЫ НА КОНВЕЙЕРЕ  
SCANNING MECHATRONIC MODULE FOR EXTERNAL DEFECTS  
ON THE CONVEYOR**

**Локтионов А.С., студент**

**Карелин А.Н., к.т.н., доцент**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

**Loktionov A.S., Student**

**Karelin A.N, CSc (Engineering), Associate Professor**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с описанием принципа работы мехатронного модуля и описания составных частей.

В работе рассмотрен возможный вариант технической разработки подобной установки.

**Ключевые слова:** мехатронный модуль, датчики, сканеры.

**Abstract.** The article discusses issues related to the description of the principle of operation of the component parts description module.

The paper considers a possible option for the technical development of such an installation.

**Keywords:** mechatronic module, sensors, scanners.

**Актуальность**

Мехатронный модуль поступательного движения для сканирования объектов на внешние дефекты можно применять на предприятиях, где нужно внимательно и точно определить качество изделия. Например, на предприятиях по изготовлению игрушек, посуды, мебели и т.д.

При использовании такого сканера можно повысить эффективность и точность проверки, так как он будет проводить сканирование с помощью

подвижного сканирующего модуля, который будет точно определять внешность и форму объектов.

Если при сканировании находится дефект, то мехатронный модуль останавливает конвейер и сообщает оператору о дефекте. После того, как бракованный объект уберут, оператор может запустить или отключить конвейер. Все сканируемые объекты хранятся в базе данных. Это позволяет выявить наиболее частый повторяющийся брак и решить проблему.

Выгода разработки такого модуля заключается в том, что такого товара нет на рынке.

Состав мехатронного модуля

Главными составляющими данного мехатронного модуля являются:

1. Электродвигатель;
2. Головное устройство.

Самым главным элементом является головное устройство, так как с помощью его и производится сканирование объектов.

Головное устройство состоит из сканирующих элементов:

1. Камеры;
2. Инфракрасных датчиков;
3. Ультразвуковых датчиков.

## **Камера**

Time-of-Flight как камера

Time-of-flight камеры (ToF-камеры) – это видеокамеры, формирующие так называемые дальномерные изображения (дальномерные портреты). В виде пикселей они используются для создания изображения, содержащего оценку расстояния от экрана до определенной точки наблюдения.

Технология

Принцип работы ToF-камер (импульсный и фазовый методы измерения расстояния).

Глубина и расстояние рассчитываются с помощью технологии времяпролетных измерений (ToF), основанной на алгоритмах, используемых в радарах. В результате получается изображение дальности, похожее на портрет радара, за исключением того, что вместо радиочастотных сигналов используются световые импульсы.

### Радиочастотная модуляция света

Излучатели ToF-камер могут быть реализованы на основе светодиодов или лазеров.

Для оценки расстояния могут использоваться фазовые методы измерения расстояния], основанные на определении разности фаз между радиочастотной модуляцией излучаемого светового потока и световым сигналом, отраженным от пространственно распределенных объектов.

### Импульсная лазерная технология.

Лазерные камеры ToF с высокочувствительной ПЗС-матрицей и быстрым стробированием позволяют оценивать глубину с субмиллиметровым разрешением (точностью). В этой технологии короткий лазерный импульс освещает сцену, а сверхчувствительная ПЗС-камера открывает высокоскоростной затвор всего на несколько сотен пикосекунд. 3D-сцена рассчитывается на основе последовательности 2D-изображений, которые регистрируются по мере увеличения времени между лазерным импульсом и открытием затвора.

### Инфракрасный датчик

Датчики Sharp оснащены линзованным инфракрасным (ИК) светодиодом, излучающим узкий пучок света. Отраженный от объекта луч направляется через другую линзу на позиционно-чувствительный детектор (PSD), проводимость которого определяется положением луча, падающего на PSD. Проводимость преобразуется в напряжение, которое затем может быть оцифровано, например, с помощью аналого-цифрового преобразователя в микроконтроллере, для расчета расстояния.

Выходной сигнал инфракрасного датчика расстояния Sharp обратно пропорционален, и его значение медленно уменьшается по мере увеличения расстояния. График зависимости между расстоянием и напряжением.

В зависимости от типа датчика существует предел измерения, при котором его выходной сигнал может считаться достоверным. Максимальное реальное измерение расстояния ограничивается двумя факторами: интенсивность отраженного света уменьшается, и PSD не может регистрировать незначительные изменения в положении отображаемого луча. В общем случае график зависимости между расстоянием и напряжением не является линейным, но в пределах приемлемого расстояния график обратной зависимости выходного напряжения от расстояния приближается к достаточно прямой линии. Чтобы получить такую формулу, необходимо ввести точки



этого графика в программу обработки табличных данных и создать на их основе новый график.

### **Ультразвуковые датчики**

Ультразвуковые датчики работают, посылая звуковые волны с частотой выше той, которую слышит человеческое ухо (обычно около 40 кГц). Звуковые волны отражаются от объекта и возвращаются к датчику, где они обнаруживаются и измеряются. Рассчитав время, необходимое для прохождения звуковых волн туда и обратно через объект, ультразвуковой датчик может определить расстояние до него.

Одним из преимуществ ультразвуковых датчиков является то, что они могут обнаруживать объекты независимо от их цвета, текстуры или формы. Это делает их пригодными для широкого спектра применений, от измерения уровня жидкости в резервуарах до обнаружения автомобилей на парковках. Однако на их эффективность могут влиять факторы окружающей среды, влияющие на скорость распространения звуковых волн, такие как влажность и температура.

Ультразвуковые датчики могут быть активными или пассивными. Активные датчики излучают звуковые волны и принимают их эхо, в то время как пассивные датчики обнаруживают звуковые волны, излучаемые другими источниками. Активные датчики используются чаще всего и имеют различные конфигурации, включая пересечение лучей, обратное отражение и рассеяние.

### **Принцип работы**

При сканировании всеми тремя устройствами, образуется достоверная 3д модель сканируемого объекта. Затем происходит проверка 3д модели с проверочной моделью. Если они совпадают, то конвейер работает дальше, если нет то осуществляется остановка и вызывают оператора, а дальше он решает что делать дальше. При этом бракованный объект заносится в базу данных для выявления наибольшего повторяющегося дефекта и решения этой проблемы.



## **Заключение**

Использование модуля не только позволит повысить быстроту обработки изделия и материала, а также повысить его качество, проведя исследования и устранение дефектов.

В конце может быть сказано, что этот модуль будет способствовать уменьшению брака товара в производстве и повышению эффективности предприятия в целом.

## **Список литературы**

1. Мехатронные модули. Назначение, функции и структура мехатронного модуля. Область применения. Мехатронные модули систем автоматизации // Helpiks : сайт. – URL: <https://helpiks.org/5-7018.html> (дата обращения: 22.04.2024).
2. Обзор существующих мехатронных модулей // Studbooks : сайт. – URL: <https://studbooks.net> (дата обращения: 21.02.2024).
3. Проектирование мехатронного модуля с использованием асинхронного двигателя и шарико-винтовой передачи // Научные Статьи.Ру : сайт. – URL: <https://nauchniestati.ru> (дата обращения: 23.02.2024).
4. Creaform Handy SCANBLACK и BLACK|Elite // Iqb : сайт. – URL: <https://iqb.ru/> (дата обращения: 24.02.2024).

## **References**

1. Mechatronic modules. Purpose, functions and structure of the mechatronic module. Application area. Mechatronic modules of automation systems // Helpiks: website. – URL: <https://helpiks.org/5-7018.html> (access date: 04/22/2024).
2. Review of existing mechatronic modules // Studbooks: website. – URL: <https://studbooks.net> (access date: 02/21/2024).
3. Design of a mechatronic module using an asynchronous motor and a ball screw // Scientific Articles.Ru: website. – URL: <https://nauchniestati.ru> (date of access: 02/23/2024).
4. Creaform Handy SCANBLACK and BLACK|Elite // Iqb: website. – URL: <https://iqb.ru/> (date of access: 02/24/2024).

**ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ  
МАШИН****ISSUES OF IMPROVING TILLAGE MACHINES****Болгов А.В., студент****Малюков С.В., к.т.н., доцент**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

**Шавков М.В., к.т.н., руководитель отдела логистики и снабжения****ООО «Русгидроком (РГК)»**

г. Воронеж, Россия

**Малюкова М.А., к.т.н., доцент****Аксенов А.А., к.т.н., доцент****Черенков Д.С., преподаватель СПО**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»

г. Воронеж, Россия

bolgovtacher@gmail.com

**Bolgov A.V., Student****Malyukov S.V., PhD (Engineering), Associate Professor**FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

**Shavkov M. V., PhD (Engineering), Head of Logistics and Supply Department****LLC Rushydrocom, Voronezh**

Voronezh, Russian Federation

**Malyukova M.A., PhD (Engineering), Associate Professor****Aksenov A.A., PhD (Engineering), Associate Professor****Cherenkov D.S., teacher of vocational education**FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies  
named after G.F. Morozov"

Voronezh, Russian Federation

bolgovtacher@gmail.com

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда**№ 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>**The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation**№ 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>*

**Аннотация:** В статье рассмотрены пути снижения тягового сопротивления почвообрабатывающих машин, а также направления совершенствования конструкций различных рабочих органов. Приведены положительные и отрицательные стороны внедрения нововведений. Показаны достоинства и недостатки дисковых рабочих органов.

**Abstract:** The article discusses ways to reduce the traction resistance of tillage machines, as well as directions for improving the designs of various working bodies. The positive and negative aspects of introducing innovations are given. The advantages and disadvantages of disk working bodies are shown.

**Ключевые слова:** снижение тягового сопротивления плуга, почвообработка, вырезные диски, фрезерование почвы.

**Keywords:** reduction of plow traction resistance, soil cultivation, cutting discs, soil milling.

Одним из насущных вопросов, стоящих перед исследователями - снижение тягового сопротивления почвообрабатывающих машин, которое достигается различными способами [1, 2].

Лемех. Применение зубчатых и волнообразных лемехов способствовало улучшению устойчивости хода, снижению тягового сопротивления плуга на 19% и дно борозды при этом не было "зализанным" [3]. Разновидностью зубчатых лемехов являются лемеха с неподвижными и вибрационными долотами. Использование последних в диапазоне скоростей от 1,1 до 1,66 м/сек (амплитуда 8,2 мм, частота 14 герц) способствовало снижению удельной тяговой мощности на 17% по сравнению со стандартными. При использовании указанных лемехов представляется интересным их работоспособность с точки зрения схода растительных остатков с лезвия лемеха. А использование так называемого обратного лемеха (со стороны пятки лемех укорачивается на 8-10 см и такой же ширины клиновидный обратный лемех приваривается к полевой доске) приводит к уменьшению бокового давления на полевую доску и тем самым потерь на трение.

С точки зрения облегчения конструкции и простоты обслуживания некоторый интерес представляют применение лемехов с упорно-клиновым креплением.

Отвал. Данный элемент совершенствуется в течение последних 100 лет в направлении изменения формы его поверхности и уменьшения трения скольжения.

Хотя использование корпуса плуга с пластмассовым отвалом и привело к некоторому улучшению крошения (на 9,4%), снижению удельного сопротивления, меньшему забиванию растительными остатками и залипанию [4], но попытка уменьшить трение скольжения корпуса плуга путем применения улучшенных сталей и тщательной обработки поверхности лемеха и отвала не привели к существенному уменьшению сил трения.

Другим направлением совершенствования отвала является уменьшение трения скольжения за счет образования гидродинамического слоя и газостатической смазки.

Полевая доска. Около 16-20% тягового сопротивления плуга приходится на долю полевой доски. В настоящее время наблюдается тенденция к уменьшению длины полевых досок на передних корпусах и увеличение на последнем, а иногда на задних корпусах устанавливаются либо подпружиненные в продольно-вертикальной плоскости сферические, либо плоские диски, что с улучшением устойчивости хода плуга также на 5-10% снижает тяговое сопротивление.

Другим направлением совершенствования лемешно-отвального корпуса является корпус с изменяемой формой отвала и режущими полевыми досками. При этом достигается некоторое снижение тягового усилия, улучшение устойчивости плуга в горизонтальной плоскости и значительное увеличение срока службы отвала.

Комбинированные рабочие органы. К этой группе относятся рабочие органы, комбинация у которых достигнута за счет применения лемешно-отвального корпуса, оставленного без изменения, с другими рабочими органами [5, 6].

Установка на плуге дисковых ножей впереди каждого корпуса не отражается на величине тягового сопротивления плуга.

Использование активных зубчатых дисковых ножей способствует снижению тягового сопротивления плуга и уменьшению буксования ведущих колес в 3-4 раза.

Лемешно-отвальный корпус. Принципиальные недостатки, присущие лемешно-отвальному плугу, уменьшить коренным образом за счет применения свободновращающихся органов не представляется возможным, поэтому рассмотрим комбинацию лемешно-отвального корпуса с активными элементами. При этом часть крыла отвала заменяется ротором с вертикальной осью вращения. Оснащение поверхности ротора лопатками, ножами и

пластинками способствует лучшему крошению, а - нижней части спиралью – более интенсивному перемешиванию пахотного слоя. Иногда подобный рабочий орган комплектуется еще и почвоутлубительными лапами. Применение комбинированного плуга приводит к снижению тягового сопротивления до 25-30%, однако общая потребная мощность на 13-26% выше, чем у обычного плуга.

Появление мощных тракторов поставило задачу перед исследователями и конструкторами о целесообразном агрегатировании их соответствующими плугами. Недостатки многокорпусных плугов - их большая длина, металлоемкость, ухудшение устойчивости по глубине - в значительной степени могут быть устранены при применении короткогабаритного плуга, а также при двухрядном расположении корпусов. Однако принципиальные недостатки, присущие лемешно-отвальным плугам, не устраняются.

Фрезы. Среди фрез с вертикальной осью вращения, с точки зрения совершенства конструкции и наибольшего распространения, следует отметить фрезы, рабочие органы которых представляют изогнутые по винтовой линии ножи. Подобная конструкция по сравнению с прямыми ножами отличается меньшей энергоемкостью. Одновременно с рыхлением ножи несколько уплотняют дно борозды, что предотвращает просачивание воды в нижние слои. Следует отметить, что такие фрезы имеют узкую область применения.

С точки зрения уменьшения энергозатрат на отбрасывание почвы при фрезеровании (крутящий момент на 30% меньше) особого внимания заслуживают фрезы с постоянным углом резания.

Существуют вибрационные фрезы, в которых рабочие органы кроме резания разрушают почву еще за счет вибрации. Применение вибрации с целью разрушения пласта в нижней части за счет деформации разрыва представляет определенный интерес.

Вместе с тем некоторые исследователи считают применение вибрации при основной обработке почвы менее перспективным. Отметим, что малая производительность, необходимость изменения режима вибрации в зависимости от типа и физико-механических свойств, глубины обработки почвы и др. сдерживает широкое применение этого способа. Кроме того, сообщение вынужденных колебаний рабочему органу без предварительного разделения почвы на фракции, представляется не целесообразным.

Почвоуглубитель. Углубление пахотного слоя, несомненно, дает положительные результаты. Создавая более благоприятные условия для развития корневой системы и корневого питания растений.

Дисковые рабочие органы. В настоящее время дисковыми рабочими органами комплектуются: почвообрабатывающие, посевные, посадочные и некоторые другие машины [7, 8]. Необходимо отметить, что в зарубежной практике они нашли широкое применение в дисковых плугах.

Преимущества дисковых плугов состоят в том, что они могут работать на твердых, высохших и липких почвах, а также при освоении новых земель - лесных раскорчевок и осушенных болот с погребенным лесом, где лемешные плуги оказываются неработоспособными. Дополнительным преимуществом дискового плуга является также незначительное "затираание" дна борозда.

Однако, к вышеперечисленным преимуществам дискового плуга противостоят и ряд недостатков:

- а) большая металлоемкость;
- б) недостаточная заделка растительных остатков;
- в) дает глыбистую обработку почвы.

Рабочие органы дискового плуга, с целью улучшения качества вспашки, комплектуются дополнительными приспособлениями неподвижного, вращательного, вибрационного и комбинированного действия.

Большинство рабочих органов дисковых плугов имеют диаметр в пределах от 61 до 120 см, а радиус кривизны - от 45,7 до 200 см, выполненные как с постоянной, так и с переменной кривизной. Однако исследованиями ряда авторов установлено, что диски с переменной кривизной не имеют преимуществ перед дисками с постоянной кривизной. Поэтому рабочие органы почвообрабатывающих орудий, в основном, комплектуются дисками постоянной кривизны.

В настоящее время за рубежом имеется тенденция к использованию дисков большого диаметра [9]. Использование крупных дисков приводит к некоторому снижению тягового сопротивления.

При бороздной обработке (лентой) диски большого диаметра лучше заглубляются в почву, и реактивные силы сопротивления имеют оптимальную величину.

Вырезные и прорезные диски. С точки зрения улучшения агротехнических показателей работы и уменьшения тягового сопротивления дисковых орудий представляет интерес применение вырезных рабочих



органов. Направление и величина реактивных сил изменяются определенным образом при прохождении почвенной массы через вырезы дисков в виде отверстий на их рабочей поверхности [9].

Вырезные диски по сравнению со сплошными дисками обладают преимуществами: коэффициент устойчивости больше на 49%, степень крошения выше на 20%, а удельное сопротивление меньше на 36%; они более универсальны [5].

Таким образом, применение вырезных дисков с целью улучшения агротехнических показателей обработки почвы уменьшения твердости дна борозды и действующих сил на рабочий орган, представляют как практический, так и теоретический интерес.

### Список литературы

1. Бартенев, И.М. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления : монография / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, В.И. Казаков. – М. : ФЛИНТА : Наука, 2013. – 208 с.

2. Маштаков, Д.А. Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности: монография / Д.А. Маштаков, А.Н. Автономов, П.Н. Проездов. – Чебоксары, 2018. – 420 с.

3. Виноградов, В.И. Результаты лабораторно-полевых испытаний зубчатых лемехов с различными конструктивными параметрами / В.И. Виноградов, Г.А. Семенов // Материалы НТС ВИСХОМ. Вып.25. Состояние и перспективы развития почвообрабатывающих машин, фрез и культиваторов. ОНТИ. – М., 1968.

4. Мильцев, А.И. Корпус для вспашки липких почв / А.И. Мильцев // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1970. – № 1.

5. Аммар Хассан Эльшейх Мохамед Эльбашир Обоснование технологического процесса предпосевной обработки почвы и конструктивно-технологических параметров комбинированного агрегата : для условий Республики Судан : дис. ... канд. техн.х наук : 05.20.01 / Аммар Хассан Эльшейх Мохамед Эльбашир. – Москва, 2009. – 215 с.

6. Булгариев, Г.Г. Теоретические основы исследования рабочего процесса комбинированного почвообрабатывающего орудия / Г.Г. Булгариев, А.Р. Валиев, Г.В. Пикмуллин // В книге: Машины и орудия для поверхностной

обработки почвы (конструкция, теория, расчет, эксплуатация). – Казань, 2022. – С. 75-190.

7. Мишин, П.В. Повышение эффективности работы почвообрабатывающих агрегатов путем их адаптации к условиям функционирования : дис. ... док. техн. наук : 05.20.01, 05.20.03 / П.В. Мишин. – Санкт-Петербург, 2001. – 382 с.

8. Основные причины недостаточной эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов и пути ее повышения / В.И. Посметьев, В.А. Зеликов, М.А. Латышева, В.В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. – 2015. – Т. 4. – № 3-3 (13). – С. 45-59. – DOI: 10.12737/14008

9. Ковригин, Е.А. Обоснование параметров и режимов функционирования дисковых агрегатов путем их адаптации к изменяющимся условиям использования : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01, 05.20.03 / Е.А. Ковригин. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2003. – 176 с.

### References

1. Bartenev, I.M. Improving technologies and means of mechanization of reforestation: monograph / I.M. Bartenev, M.V. Drapalyuk, V.I. Kazakov. – M.: FLINTA: Nauka, 2013. – 208 p.

2. Mashtakov, D.A. Protective forest plantations in the forest-steppe of the Volga Upland: monograph / D.A. Mashtakov, A.N. Avtonomov, P.N. Directions. – Cheboksary, 2018. – 420 p.

3. Vinogradov, V.I. Results of laboratory and field tests of toothed shares with various design parameters / V.I. Vinogradov, G.A. Semenov // Materials of NTS VISKHOM. Issue 25. State and prospects for the development of tillage machines, milling machines and cultivators. ONTI. – M., 1968.

4. Miltsev, A.I. Housing for plowing sticky soils / A.I. Miltsev // Mechanization and electrification of socialist agriculture. – 1970. – No. 1.

5. Ammar Hassan Elsheikh Mohamed Elbashir Justification of the technological process of pre-sowing tillage and design and technological parameters of the combined unit: for the conditions of the Republic of Sudan: dis. ...cand. technical sciences: 05.20.01 / Ammar Hassan Elsheikh Mohamed Elbashir. – Moscow, 2009. – 215 p.

6. Bulgariyev, G.G. Theoretical foundations for studying the working process of a combined soil-cultivating implement / G.G. Bulgariyev, A.R. Valiev, G.V. Pikmullin // In the book: Machines and tools for surface tillage (design, theory, calculation, operation). – Kazan, 2022. – P. 75-190.

7. Mishin, P.V. Increasing the efficiency of tillage units by adapting them to operating conditions: dis. ...doc. tech. Sciences: 05.20.01, 05.20.03 / P.V. Mishin. – St. Petersburg, 2001. – 382 p.

8. The main reasons for the insufficient efficiency of forest tillage units and ways to increase it / V.I. Posmetyev, V.A. Zelikov, M.A. Latysheva, V.V. Posmetyev // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2015. – T. 4. – No. 3-3 (13). – pp. 45-59. – DOI: 10.12737/14008

9. Kovrigin, E.A. Justification of the parameters and operating modes of disk units by adapting them to changing conditions of use: dis. ...cand. tech. Sciences: 05.20.01, 05.20.03 / E.A. Kovrigin. – St. Petersburg-Pushkin, 2003. – 176 p.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ,  
РОБОТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ,  
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов  
и молодых ученых и Всероссийской научно-практической конференции  
преподавателей и специалистов

Воронеж, 26 и 29 марта 2024 г.

Ответственный редактор, компьютерная верстка А.А. Грибанов

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 16.05.2024. Объем данных 11,7 Мб  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8