

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРА СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Чкалова М.В., Петерс А.Е.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»,
Оренбург, e-mail: andrei_03peters@mail.ru*

Цель исследования – разработка программного обеспечения для надежной и безопасной работы станка по обработке ПВХ-профилей. Статья посвящена анализу и модернизации системы управления станком Turbocut 400 для обработки поливинилхлорид-профилей с целью минимизации рисков, сбоев и повышения эффективности работы оборудования. Авторами рассматривается автоматизированная система управления станком, выявляются основные виды сбоев, проводится их классификация и предлагаются методы их устранения. Ключевым элементом модернизации стало добавление оптических датчиков по всей длине конвейера, формирование каналов обратной связи с панелью управления и разработка интеллектуального модуля управления станком. Основное внимание уделено созданию специального программного обеспечения, предназначенного для поддержки принятия решений оператором. Программный код написан на языке Python в среде Visual Studio и включает графический интерфейс для ввода данных и визуализации параметров. Его внедрение в интеллектуальный модуль управления станком позволило эффективно адаптировать изменения в системе управления за счет проведенной модернизации. Результаты исследования подтвердили, что предложенная авторами модернизация системы управления и включение специального программного обеспечения в интеллектуальный модуль управления станком способствуют значительному снижению количества сбоев и повышают устойчивость, безопасность и эффективность работы станка. Предложенные решения оптимизируют затраты и улучшают качество обработки ПВХ-профилей.

Ключевые слова: производство ПВХ-профилей, система управления станком, интеллектуальный модуль, принятие решений оператором

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT MODULE FOR COMPUTER NUMERICAL CONTROL MACHINE OPERATOR

Chkalova M.V., Peters A.E.

Orenburg State Agrarian University, Orenburg, e-mail: andrei_03peters@mail.ru

The aim of the research is to develop software for reliable and safe operation of a machine for processing PVC profiles. The article is devoted to the analysis and modernization of the control system of the «Turbocut 400» machine for processing PVC profiles in order to minimize risks, failures and improve the efficiency of the equipment. The authors consider the automated control system of the machine, identify the main types of failures, classify them and propose methods for their elimination. The key element of the modernization was the addition of optical sensors along the entire length of the conveyor, the formation of feedback channels with the control panel and the development of an intelligent machine control module. The main attention is paid to the creation of special software designed to support the operator's decision-making. The program code is written in Python in the Visual Studio environment and includes a graphical interface for data entry and parameter visualization. Its implementation in the intelligent machine control module made it possible to effectively adapt changes in the control system due to the modernization. The results of the study confirmed that the modernization of the control system proposed by the authors and the inclusion of special software in the intelligent machine control module contribute to a significant reduction in the number of failures and increase the stability, safety and efficiency of the machine. The proposed solutions optimize costs and improve the quality of PVC profile processing.

Keywords: PVC profile production, machine control system, intelligent module, operator decision making

Введение

Успешное функционирование современного производства невозможно без анализа рисков, погрешностей и сбоев оборудования и управления. Минимизация рисков и сбоев способствует повышению эффективности и производительности. Особенно это актуально для автоматизированных систем управления, которые обеспечивают высокую точность и стабильность работы станков.

В станке Turbocut 400 для обработки ПВХ-профилей уже реализовано готовое программное обеспечение, которое контролирует его работу и автоматизирует множество процессов. Однако, чтобы повысить устойчивость системы управления станком, необходимо дополнить эту программную среду специальным программным обеспечением, которое будет поддерживать оператора в принятии рациональных решений [1, 2].

Цель исследования – разработка специального программного обеспечения (СПО), которое станет дополнительным инструментом, поддерживающим устойчивость и безопасность работы станка по обработке ПВХ-профилей.

Материалы и методы исследования

Проведенное исследование включало следующие этапы:

- анализ системы автоматизированного управления станком Turbocut 400 для выявления возможных видов сбоев;
- модернизацию системы управления станком для минимизации количества сбоев;
- разработку специального программного обеспечения для поддержки принятия решений оператором станка Turbocut 400 [2].

Под эффективностью технической системы (ТС) станка Turbocut 400 будем понимать наилучшее качество обработки ПВХ-профилей при минимуме затрат на это улучшение [1, 2] (рис. 1).

После анализа структурной схемы и оценки перспектив повышения эффективности станка в качестве параметра оптимизации было принято количество сбоев в работе станка за определенный промежуток времени (рабочая смена). Описание и классификация видов сбоев, причины сбоев и их последствия, оценка влияния системы управления станком на каждый из видов сбоев коэффициентом в пределах от 0 до 1 (усиление влияния приближает коэффициент к 1, ослабление влияния – к 0) представлены в таблице. Коэффициенты влияния определены методом экспертных оценок, для реализации которого были приглашены специалисты производства ПВХ-профилей. Участие в опросе приняли сотрудники двух предприятий, которые специализируются на производстве ПВХ-профилей: ТОО Euro Plast Company, г. Актобе (республика Казахстан), и ООО «РВК Пластик», г. Оренбург (Российская Федерация) [1–3].



Рис. 1. Структурная схема эффективности ТС станка Turbocut 400

Анализ качества функционирования ТС станка Turbocut 400

Вид сбоев	Причина сбоев	Следствие сбоев	Оценка влияния СУ
Сбои в системе управления	– проблемы с электроникой или механическими компонентами; – ошибки в алгоритмах управления	– сбои в работе станка	0,9
Проблемы с приводами	– износ и повреждение элементов оборудования	– изменение значений динамических и физических параметров; – ухудшение качества обработки профилей	0,5
Проблемы с коммуникацией и сетью	– повреждения приводов или активного сетевого оборудования; – электромагнитные помехи от другого оборудования или внешних источников; – ошибки в программном обеспечении сетевого оборудования	– нарушение каналов связи; – изменение значений динамических и физических параметров; – остановка станка	0,2
Механические поломки и износ элементов оборудования	– использование заготовок ненормативных размеров; – износ механических элементов оборудования	– конфликт механических элементов станка; – остановка станка	0,95
Сбои из-за несоответствия производственным параметрам	– несоответствие входных данных параметрам процесса	– сбои в режиме управления работой станка	0,9

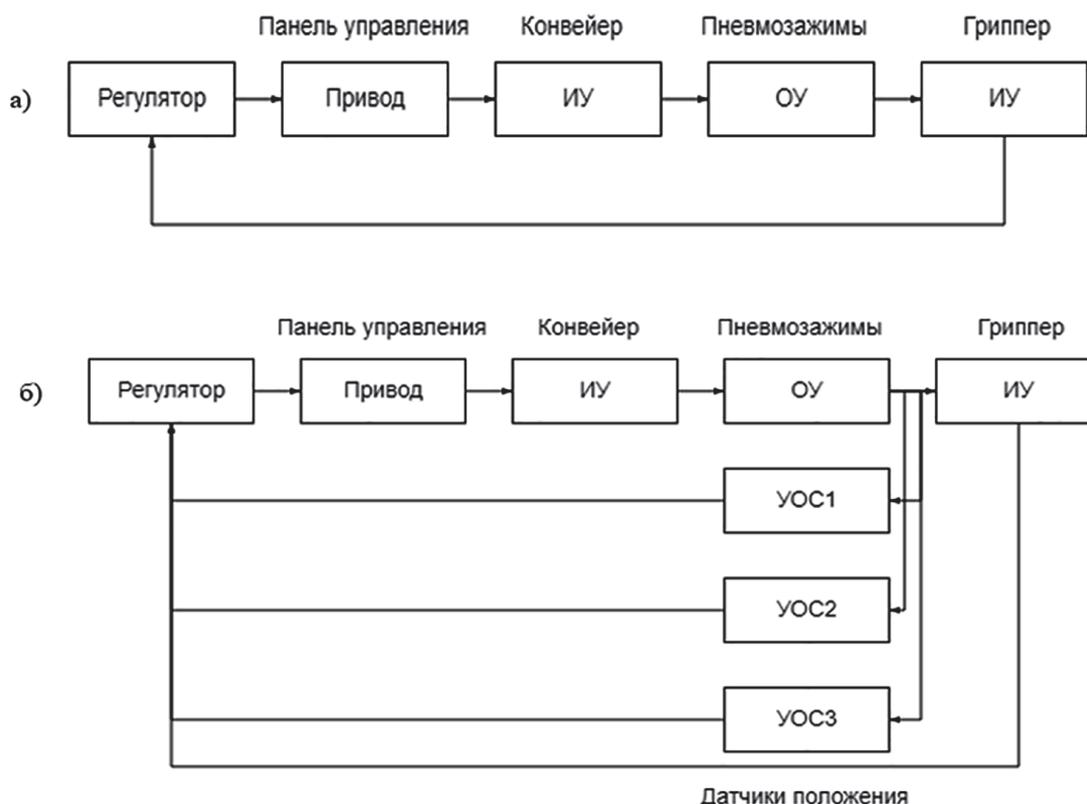


Рис. 2. Функциональная схема автоматизированной системы управления станком Turbocut 400:
 а) до; б) после модернизации; ИУ – исполнительное устройство;
 ОУ – объект управления; УОС – устройство обратной связи

В состав участников вошли операторы станка (4 чел., РК), инженер-технолог (РК), ведущий инженер и инженер по технике безопасности (РФ), мастер производственного участка (РФ). Каждому участнику предлагалось оценить влияние системы автоматизированного управления станком на возможность уменьшения последствий сбоев в работе оборудования. В таблице оценки влияния даны средними значениями оценок специалистов, что позволило выявить ряд сбоев в работе станка (механические поломки и износ; сбои в системе управления; сбои из-за несоответствия производственных параметров), которые можно было бы предотвратить при наличии у оператора информации о протекании производственного процесса на участке конвейера [2–4].

Для повышения эксплуатационной эффективности технической системы станка Turbocut 400 за счет улучшения точности и стабильности ее работы предложена целевая модернизация подсистемы управления. Проект включает три взаимосвязанных этапа.

– Установка оптических датчиков вдоль всей рабочей зоны конвейера. Линейное рас-

положение датчиков обеспечивает непрерывный контроль координат ПВХ-профиля, что снижает риск погрешности позиционирования заготовки и тем самым уменьшает технологические неполадки.

– Формирование каналов обратной связи от датчиков к панели оператора. Интеграция высокоскоростных линий передачи данных позволяет в реальном времени поступать измерительной информации в контроллер ЧПУ, обеспечивая оперативную работу инструмента без остановки процесса, а также комфортную работу для пользователя.

– Разработка интеллектуального модуля поддержки принятия решений оператором, включающего специализированное программное обеспечение [4, 5].

Комплексная реализация перечисленных этапов позволяет повысить надежность функционирования станка, сократить время переналадки и обеспечить устойчивое качество обработки ПВХ-профилей в серийном режиме производства. Функциональные схемы системы управления станком до и после модернизации представлены на рис. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработка интеллектуального модуля поддержки принятия решений оператором станка для обработки ПВХ-профилей проходила в программной среде Visual Studio. Код интеллектуального модуля был написан вручную на языке программирования Python с использованием популярной библиотеки tkinter, фрагмент кода программы представлен на рис. 3. Основная задача программы – обеспечить пользователю удобный ввод и визуализацию длины ПВХ-профиля. Программа проводит обработку ошибок, что позволяет избежать ввода недопустимых данных [5, 6].

Интерфейс программного модуля состоит из трех ключевых элементов:

- Однострочное текстовое поле предназначено для ввода исходных параметров. Данная область поддерживает базовую валидацию формата данных, что снижает вероятность совершения ошибок ввода пользователем в начальной стадии.

- Кнопка подтверждения инициирует передачу введенных данных в обработчик. До выполнения всех требований проверки область остается неактивной, тем самым предотвращая запуск вычислительного процесса с неверно введенными данными.

- Область вывода формирует итоговое представление результатов обработки. В зависимости от целей и задач пользователя в ней отображаются табличные данные и графические визуализации, обеспечивая заверченный цикл взаимодействия с программным модулем.

После активации кнопки введенное пользователем значение автоматически проходит процедуру верификации – проверяется принадлежность числового или символьного выражения заранее установленному допустимому диапазону. При положительном исходе контрольной процедуры управление передается подсистеме визуализации, которая формирует графическое представление данных в выбранном формате.

```

1 C:\Users\User\Desktop\hfigh\venv
2 from tkinter import messagebox
3
4 def calculate_profile_length():
5     try:
6         length = float(entry.get())
7
8         # Устанавливаем минимальную и максимальную длины
9         min_length = 1
10        max_length = 300
11
12        # Ограничиваем длину введенного значения
13        if length < min_length:
14            length = min_length
15        elif length > max_length:
16            length = max_length
17        # Проверка на минимальное значение 40 мм
18        if length < 40:
19            messagebox.showerror("Ошибка", "Длина ПВХ-профиля должна быть не менее 40 см")
20            return
21
22        # Определяем начальные и конечные координаты прямоугольника
23        offset = 50 # Добавляем отступ вправо
24        start_x = 160
25        end_x = start_x + 410
26
27        # Максимальная длина прямоугольника на холсте
28        max_length_canvas = end_x - start_x
29
30        # Масштабируем введенную длину к длине на холсте
31        scale_factor = max_length_canvas / max_length
32        adjusted_length = length * scale_factor
33
34        # Логика зажигания лампочек в зависимости от длины
35        if length >= 200:

```

Рис. 3. Фрагмент кода программы

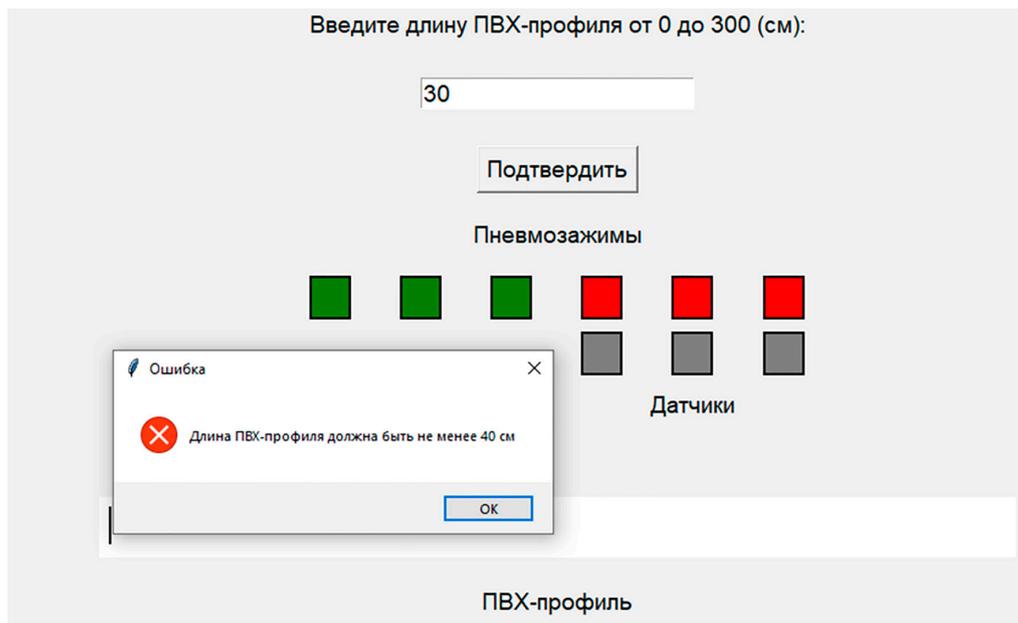


Рис. 4. Пример некорректного ввода данных

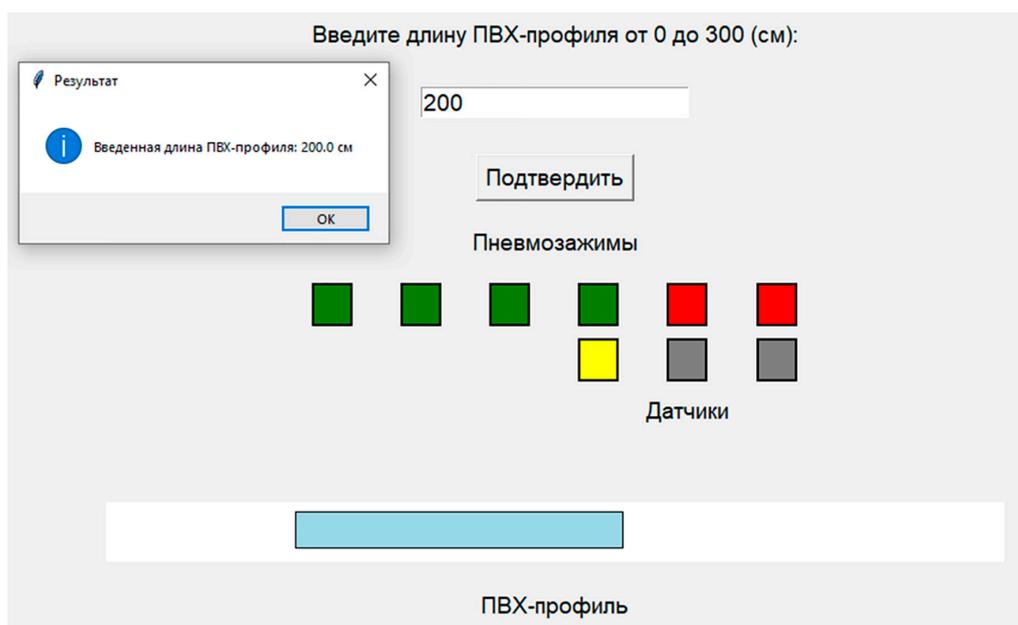


Рис. 5. Визуализация процесса управления в случае ввода верных данных

В случае выявления отклонения от допустимых границ система инициирует механизм обработки ошибок: на экран выводится лаконичное информационное сообщение, детализирующее причину отказа, а далее пользователю предлагается повторить ввод. Логика управления диалоговыми элементами ориентирована на максимальное снижение вероятности операционных ошибок. Так, текстовое поле

оснащено функцией динамической проверки поступающих от устройства ввода символов, а кнопка подтверждения остается неактивной до тех пор, пока введенная последовательность не удовлетворит всем критериям корректности. Данный подход гарантирует надёжность взаимодействия и повышает общую устойчивость программного комплекса к ошибочным действиям пользователя.

Пример работы программы при попытке ввода недопустимого значения показан на рис. 4. Визуализация процесса управления в случае корректного ввода данных (показан момент срабатывания одного оптического датчика и приведение в действие одного пневмозажима) – на рис. 5.

Модульная структура программного кода и использование стандартной библиотеки tkinter позволяют легко адаптировать его под различные задачи, что делает программное обеспечение полезным инструментом для разработчиков в других областях [6, 7].

Заключение

Анализ технической системы станка Turbocut 400 позволил провести модернизацию системы автоматизированного управления, которая минимизировала количество сбоев и повысила эффективность работы станка. Модернизация системы управления станком сопровождалась авторской разработкой специального программного обеспечения для поддержки принятия решений оператором станка, направленного на минимизацию количества сбоев, связанных с конфликтом механических элементов.

Список литературы

1. Панарин В.М., Хромушин В.А., Маслова А.А., Кашинцева Л.В., Гришаюк К.В., Панышина М.В. Разработка интеллектуальной системы персонального мониторинга здоровья работников // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 10. С. 28–34. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-10-28-34.
2. Тингаев А.М., Салиенко Н.В., Кожевина О.В. Влияние инструментов устойчивого развития на повышение эффективности управления компанией (на примере АО «ФосАгро») // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. М.: Первое экономическое издательство, 2020. С. 313–318. DOI: 10.18334/9785912923258.313-318.
3. Рябова С.В., Сергеев В.А., Фролов И.В. Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом с использованием информации о параметрах качества продукции // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2024. Т. 2. С. 56–59.
4. Бочкарев А.М. Математические модели для расчета и анализа показателей эффективности использования ресурсов автоматизированных систем управления // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 2 (41). С. 16–17. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.018.
5. Чкалова М.В., Насонов Т.Е. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024612690 Российская Федерация. Программа расчета оптимальных показателей АСУ ТП: № 2024611885: заявл. 05.02.2024: опубл. 05.02.2024. заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет».
6. Павлидис В.Д., Чкалова М.В., Осипова А.М. Разработка интеллектуальной системы мониторинга рабочих параметров электрической сети // Агропромышленный комплекс в условиях инновационного развития: наука, технологии, кадровое обеспечение: материалы I Международной научно-практической конференции (Минск, 06–07 июня 2024 г.). Минск: БГАТУ, 2024. С. 1–6. [Электронный ресурс]. URL: <https://rep.bsatu.by/handle/doc/21516> (дата обращения: 04.04.2025).
7. Болдырев В.В., Горькавый М.А. Разработка интеллектуального модуля управления автоматизированной автономной системой энергообеспечения // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2020. № 3 (43). С. 9–18. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43947923> (дата обращения: 05.04.2025).