

**Аннотация:** Статья посвящена актуальным вопросам проектирования и внедрения гибких производственных модулей (ГПМ) в современных производственных системах. В работе рассматриваются ключевые характеристики ГПМ, такие как многофункциональность, адаптивность, интеграция с системами автоматизации и масштабируемость, а также требования, предъявляемые к этим модулям для обеспечения эффективного производства.

В ходе работы анализируются современные тенденции в области автоматизации, включая использование искусственного интеллекта и Интернета вещей, и их влияние на развитие ГПМ, а также обсуждаются примеры успешного применения гибких производственных модулей на современных производствах.

Статья подчеркивает значимость гибких производственных модулей для повышения конкурентоспособности и эффективности производства в условиях быстро меняющегося рынка, а также необходимость дальнейших исследований и разработок в этой области.

**Ключевые слова:** автоматизация, гибкий производственный модуль, многоцелевые станки, роботизация.

**Abstract:** The article is devoted to the topical issues of design and implementation of flexible production modules (FPM) in modern production systems. The paper discusses the key characteristics of FPMs, such as multifunctionality, adaptability, integration with automation systems and scalability, as well as the requirements for these modules to ensure efficient production.

The paper analyzes current trends in automation, including the use of artificial intelligence and the Internet of Things, and their impact on the development of GPMs, and discusses examples of successful applications of flexible manufacturing modules in modern production facilities.

The paper emphasizes the importance of flexible manufacturing modules for increasing competitiveness and efficiency of production in a rapidly changing market, as well as the need for further research and development in this area.

**Key words:** automation, flexible production module, multi-purpose machines, robotization.

### **Введение**

Гибкий производственный модуль (ГПМ) – единица технологического оборудования автоматически осуществляющая технологические операции в пределах его технических характеристик, способная работать автономно и в составе гибких производственных систем или гибких производственных ячеек [1].

Увеличение объемов производства при постоянном улучшении качества продукции и сокращении числа станков и операторов

способствовало активному развитию многоцелевых станков (МС) и гибких производственных модулей, созданных на их основе. Гибкий производственный модуль является составной частью гибкой производственной системы. В отличие от других металлорежущих станков, металлообрабатывающий ГПМ работает в условиях минимального участия человека или вовсе в «безлюдном» режиме.

Актуальность проблемы гибких производственных модулей обусловлена следующими факторами: автоматизация процесса производства является актуальным направлением развития для многих отраслей промышленности. Она позволяет повысить эффективность производства, снизить затраты и улучшить качество продукции, что делает предприятия более конкурентоспособными и способствует их развитию.

### **Обзор литературы**

Актуальность исследования подтверждается рядом научных публикаций. В статьях [2] и [3] акцентируется внимание, на необходимость внедрения на современных предприятиях новых технологий, где следует уделить особое внимание автоматизации процессов.

В статьях [4], [5] и [6] также отмечаются и негативные стороны автоматизации: усложнение производственной системы, недостаточная квалификация рабочих, уязвимость системы, рост уровня безработицы.

Тем не менее, плюсов автоматизации больше. Негативные последствия автоматизации можно минимизировать путём создания эффективной системы контроля над производством и повышением квалификации рабочих.

### **Основная часть**

В типовой ГПМ входят [7]:

- многоцелевой станок с ЧПУ
- робот, управляемый от вычислительной системы (ВС)
- транспортно-накопительная система
- магазин инструментов и устройство их автоматической смены
- устройства автоматического контроля размеров обработанных деталей
- устройство контроля размеров режущего инструмента
- система опознавания заготовок
- система контроля за состоянием процесса резания
- механизм автоматической смены элементов зажимных приспособлений

В гибких производственных системах (ГПС) для многономенклатурного мелкосерийного производства гибкие производственные модули (ГПМ) оснащены разнообразными дополнительными устройствами, которые повышают их гибкость. Это

связано с большим разнообразием обрабатываемых деталей и относительно небольшими партиями, что приводит к увеличению числа переналадок.

Ключевыми компонентами для создания ГПМ являются надежные многоцелевые станки, современная вычислительная техника, измерительные преобразователи (датчики) для контроля различных параметров и размеров, а также соответствующее программное обеспечение.

На современном этапе модульный подход к проектированию оборудования в гибких производственных системах (ГПС) обладает рядом преимуществ: значительно сокращаются сроки и затраты на разработку, освоение, внедрение и эксплуатацию оборудования; повышается технический уровень, особенно в плане надежности, а также упрощается процесс обслуживания.

Основные типы компоновок ГПМ приведены в государственном стандарте ГОСТ 27491-87 [8] «Модули гибкие производственные и станки многоцелевые сверльно-фрезерно-расточные. Основные параметры и размеры».

ГПМ можно различать по степени автоматизации основных и вспомогательных операций:

- загрузки-разгрузки объектов производства;
- контроля формы и размеров изделия с вводом коррекции в систему ЧПУ;
- контроля за состоянием режущего инструмента с его подналадкой и своевременной заменой;
- адаптивного управления процессом обработки по важнейшим параметрам;
- очистки и герметизации рабочей зоны, удаления отходов; диагностирования технического состояния модуля; переналадки на очередную партию изготавливаемых изделий.

По степени автоматизации ГПМ делятся на три уровня [9]:

1. К первому уровню относятся модули с автоматической сменой инструментов и изделий, которые осуществляют автоматический цикл работы, но требуют постоянного наблюдения за ходом процесса.
2. ГПМ второго уровня автоматизации дополнительно оснащены устройствами контроля процесса выполнения операции и не требуют постоянного присутствия оператора.
3. ГПМ третьего уровня характеризуются возможностью адаптации к изменяющимся условиям технологического процесса и используются при работе в режиме безлюдной технологии.

Особенность ГПМ заключается в его использовании для обработки однотипных изделий с различным содержанием операций, набором

применяемых инструментов, геометрическими параметрами. Поэтому система управления должна решать следующие задачи [10]:

1. Определять по специальным характеристикам технологический процесс обработки детали и необходимый для этого инструмент, т.е. решать задачи идентификации;
2. Наблюдать за ресурсом работы инструмента, диагностировать отклонения размеров обрабатываемых поверхностей и вводить коррекцию, решать задачу мониторинга;
3. Воспринимать команды вышестоящего уровня, вести диалог с оператором, передавать информацию о ходе выполнения заданий.

Для обеспечения взаимодействия объектов ГПМ разрабатывается программа диспетчера. При разработке этой программы необходимо:

1. Определить состав параллельных процессов управления, их аппаратные структуры, информационные и исполнительные устройства;
2. Разделить каждый процесс на отдельные управляющие программы, составить спецификации программ;
3. Выделить условия выполнения каждой программы в рамках ГПМ, определить необходимые для этого обменные и блокировочные сигналы, разработать средства для их передачи;
4. Разработать алгоритм анализа условий и вызова программ.

К оборудованию, работающему в составе ГПС в режиме «безлюдной» технологии, предъявляются специальные требования, которые можно условно разделить на основные и дополнительные [11].

Применительно к токарным ГПМ основными требованиями являются:

- управление от ВС;
- наличие магазина инструментов;
- наличие конвейера для уборки стружки;
- автоматический зажим и разжим деталей в патроне станка.

К дополнительным требованиям можно отнести:

- возможность автоматической переналадки патрона по программе на обработку деталей различных габаритных размеров;
- возможность регулирования по программе усилия зажима, определяемого жесткостью обрабатываемых деталей и силами резания;
- возможность автоматической корректировки управляющих программ при износе режущего инструмента и т.п.

Такие требования в основном относятся к сверлильно-фрезерно-расточной группе ГПМ. Однако есть и специфические требования, например:

- наличие магазинов приспособлений-спутников с деталями, магазинов многошпиндельных головок;
- должна быть предусмотрена возможность замены комплектов инструментов, необходимых для обработки заданной номенклатуры

деталей, или целиком инструментальных магазинов; замена тары для стружки и емкостей для смазывающе-охлаждающей жидкости при переходе на обработку различных материалов;

- очистка от стружки опорных поверхностей приспособлений-спутников (сдув, смыв) перед закреплением новой заготовки;
- корректировка положения заготовки в спутнике и т.п.

Одним из ключевых требований к гибким производственным модулям (ГПМ) является их способность интегрироваться в гибкие производственные системы (ГПС). Для этого ГПМ должен быть оснащён стандартными сопрягающими устройствами, позволяющими соединяться с автоматическими транспортно-складскими системами (АТСС), центральным ЭВМ, а также с отдельными системами числового программного управления (ЧПУ) станков, производственными роботами (ПР) и транспортными устройствами.

Кроме того, предъявляются строгие требования к инструментам, которые должны эффективно дробить стружку, так как наличие неразделённой стружки может значительно снизить надёжность работы ГПМ.

Основными препятствиями более активному распространению ГПС, в том числе в мелкосерийном и единичном производстве, способствует целый ряд факторов [12]:

- значительные первоначальные инвестиции для внедрения технологий гибких производственных систем (ГПС), обусловленные высокой стоимостью оборудования и программного обеспечения;
- сложные процессы внедрения, вызванные отсутствием единой платформы для автоматизированных систем и программных решений, а также различиями в подходах к автоматизации у разных производителей;
- высокие требования к квалификации сотрудников, включая необходимость в инженерах-программистах для установки и настройки систем автоматизации, а также технологах и конструкторах для разработки оснастки для загрузки и выгрузки, питателей заготовок, спутников, паллет и захватных устройств и т.д.;
- строгие требования к технологичности производственного объекта, которые зачастую невозможно выполнить из-за необходимости внесения изменений в конструкцию самого объекта.

В условиях современного рынка производственное предприятие не сможет выжить без высокой эффективности и рентабельности. Достичь этого можно лишь с помощью современного высокотехнологичного оборудования.

Таким образом, ключевыми направлениями развития мирового станкостроения являются разработка оборудования, способного производить детали с высокой точностью, скоростью и качеством. В частности, создаются

станки модульной конструкции. Основываясь на базовой модели станка, производитель добавляет необходимые рабочие органы и опции, чтобы максимально соответствовать технологическим требованиям заказчика. Например, подавляющее большинство обрабатывающих центров компании Matec [13] изготавливается на заказ, исходя из индивидуальных запросов заказчиков.

Современное оборудование должно быть способно интегрироваться в сети с удаленным доступом, что позволит осуществлять дистанционный мониторинг процессов обработки, передавать управляющие программы на станки и получать контрольно-измерительные данные по обрабатываемым деталям – и все это в режиме реального времени.

Также примером улучшения автоматизации может быть разработка научно-производственного предприятия «РАДИНТЕХ». В 2018 г. Была выпущена программа исследований и разработок по созданию интеллектуальных гибких производственных систем [12].

В рамках новой концепции основная идея специалистов по разработке и внедрению новых технологий заключается в создании унифицированных платформ, на которые будут устанавливаться достаточно стандартизированные блоки быстро подключаемых интеллектуальных устройств или приспособлений, формируя в итоге гибкий интеллектуальный производственный модуль.

При организации выпуска новой продукции, если потребуется, заказчику достаточно будет дополнить уже приобретенное оборудование новыми технологическими модулями, оснасткой и инструментами.

В итоге, настоящее и ближайшее будущее мирового станкостроения – это производство высокоточных, многофункциональных станков, совмещающих в себе максимальное количество видов обработки, и создание гибких производственных модулей с возможностью встраивания в гибкое автоматизированное производство.

### **Выводы и дальнейшие перспективы исследования**

Перспективы развития гибких производственных модулей напрямую зависят от технологического прогресса и инноваций в сфере промышленного производства. Основные направления включают:

1. Интеграция с искусственным интеллектом: ГПМ могут быть объединены с системами искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов, повышения качества продукции и снижения производственных затрат;

2. Разработка новых материалов и технологий: Появление новых материалов, таких как композиты и 3D-печатные вещества, а также аддитивные и субтрактивные методы производства, может значительно расширить возможности ГПМ, делая их более гибкими и универсальными;

3. Интернет вещей и облачные технологии: Интеграция ГПМ с интернетом вещей и облачными технологиями позволяет создавать более эффективные и масштабируемые производственные системы, а также обеспечивает возможность удаленного мониторинга и управления процессами;

4. Роботизация и автоматизация: Прогресс в области робототехники и автоматизации производства будет способствовать повышению производительности ГПМ, улучшению безопасности на рабочих местах и снижению влияния человеческого фактора на производственные процессы.

Таким образом, текущее и ближайшее будущее мирового станкостроения заключается в производстве высокоточных многофункциональных станков, которые объединяют в себе максимально возможное количество методов обработки, а также в разработке гибких производственных модулей, способных интегрироваться в автоматизированные гибкие производственные системы.

**Заключение:** Таким образом, проведенное исследование позволяет прийти к выводу, что использование гибких производственных модулей является перспективным направлением развития современных производств. Широкому распространению таких систем препятствует тот факт, что для обеспечения их успешного внедрения необходимо учесть множество факторов и соблюсти все необходимые требования. Тем не менее, использование гибких производственных модулей способствует увеличению производственной эффективности, снижению расходов и улучшению качества продукции, что, в свою очередь, делает компании более конкурентоспособными и способствует их росту. На данный момент автоматизированные системы активно развиваются и используются на современных производствах.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 26228-90 «Системы производственные гибкие. Термины и определения, номенклатура показателей» – Государственный комитет СССР по управлению качеством и стандартам, 1991 – 11 с.
2. Клокотов, И. Ю. Актуальность внедрения автоматизации технологических процессов и производств на современном этапе развития нашего общества / И. Ю. Клокотов // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". — 2019. — № 1. — С. 144-146.
3. О.А. Львова Актуальность автоматизации и планирования процессов производства на предприятиях России / О.А. Львова; Казанский государственный энергетический университет. — Казань. — С. 1–3.

4. Картамышева Е.С., Иванченко Д.С. Промышленная автоматизация в России: проблемы и их решения // Молодой ученый. – 2016. – № 28. – С. 93.

5. Клокотов, И. Ю. Проблемы автоматизации технологических процессов и производств / И. Ю. Клокотов // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". — 2019. — № 1. — С. 145.

6. Шестаков, Н.В., Логачев К.И. Актуальные проблемы автоматизации промышленных предприятий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. - №1. – С. 87-89.

7. Хаймович И.Н., Фролов М.А., Куралесова Н.О. Совершенствование технологического процесса многономенклатурного производства на основе имитационного моделирования гибких производственных линий в цехе / Хаймович И.Н., Фролов М.А., Куралесова Н.О. // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2016. – 7с.

8. ГОСТ 27491-87 «Модули гибкие производственные и станки многоцелевые сверльно-фрезерно-расточные. Основные параметры и размеры» – Государственный комитет СССР по стандартам, 1989 – 13 с.

9. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник / Скрябин В.А., Схиртладзе А.Г., Зверовщиков А.Е. – М:КУРС, НИЦ – 2017. – 320 с.

10. Любимов,В.И. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства : методическое пособие для студентов специальности 1-36.01.05 «Машины и технология обработки материалов давлением» / В. И. Любимов, К. Е. Белявин. – Минск: БНТУ – 2012. – 200 с

11. Методическое пособие «Проектирование гибких производственных систем» / Горшенин Г.С. // Министерство образования и науки РФ ВГБОУ ВО «КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ» Лениногорский филиал – 2017. – С. 49-50.

12. Программа исследований и разработок 18/28 «Создание интеллектуальных гибких производственных систем» / Терещенко Е.О., Касаткин С.О., Сорокин В.И. // ООО НПП «РАДИНТЕХ» – г. Электросталь. – 2018. – 24с.

13. МАТЕС GmbH [Электронный ресурс] URL: <https://www.matec.de/en/Company/Company> (дата обращения: 26.11.2024)







# НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА

# eLIBRARY.RU

ЧИТАТЕЛЯМ | ОРГАНИЗАЦИЯМ | ИЗДАТЕЛЬСТВАМ | АВТОРАМ

## ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТЫ НА ПЛАТФОРМЕ eLIBRARY.RU

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - это крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 38 млн научных публикаций и патентов, в том числе электронные версии более 5600 российских научно-технических журналов, из которых более 4800 журналов в открытом доступе. [Подробнее...](#)

### ▶ РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Национальная библиографическая база данных научного цитирования, аккумулирующая более 12 миллионов публикаций российских ученых, а также информацию о цитировании этих публикаций из более 6000 российских журналов

### ▶ SCIENCE INDEX ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Информационно-аналитическая система Science Index для анализа публикационной активности и цитируемости научных организаций

### ▶ SCIENCE INDEX ДЛЯ АВТОРОВ

Инструменты и сервисы, предлагаемые для зарегистрированных авторов научных публикаций

### ▶ SCIENCE SPACE ДЛЯ ИЗДАТЕЛЬСТВ

Комплексное решение для научных издательств и редакций научных журналов

### ▶ RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX

Совместный проект Российской академии наук, компаний Clarivate Analytics и Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - коллекция лучших российских журналов на платформе Web of Science

### ▶ ПОДПИСКА НА НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ

Доступ по подписке к полнотекстовой коллекции из более 1100 ведущих российских журналов на платформе eLIBRARY.RU

| НОМЕР | НАИМЕНОВАНИЕ |
|-------|--------------|
| 11.11 | Опы          |
| 22.09 | Нач          |
| 06.06 | Нау          |
| 24.04 | Отк          |
| 26.02 | Отк          |
| 26.12 | Учен         |

## ТЕН

|              |           |
|--------------|-----------|
| Число наи    | журналов: |
| - из них рс  | журналов: |
| - из них вь  | настоящее |
| Число жур    | индексиру |
| Число жур    | текстами: |
| - из них в с |           |
| - из них рс  | журналов: |
| - из них рс  | журналов  |
| доступе:     |           |

### ПОИСК

Найти

- Расширенный поиск
- Нейропоиск

### ВХОД

IP-адрес компьютера:  
46.191.225.245

Название организации:  
не определена

Имя пользователя  
или адрес эл. почты:

Annallina0909

Пароль:

Вход

- Запомнить меня
- Правила доступа
- Регистрация
- Забыли пароль?
- Вход через Вашу организацию