



УДК 658.5

**Арсентьева Татьяна Михайловна**, инженер-технолог  
АО «ФЛОТ» (г. Нижний Новгород, ул. Торфяная, д.34),  
аспирант кафедры ПиТПС,  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5;

**Бурмистров Евгений Геннадьевич**, д.т.н., профессор, профессор кафедры ПиТПС,  
Волжский государственный университет водного транспорта  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5)

### ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕЛКОСЕРИЙНОМ И ЕДИНИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Аннотация. Описываются проблемы внедрения гибких производственных систем в узкоспециализированных мелкосерийных производствах (на примере предприятия по строительству судов на воздушной подушке). В статье описаны конкретные технологические процессы, их основные характеристики, перспективы их механизации и автоматизации. Применительно к данному производству выделены проблемы, препятствующие внедрению ГПС, и предложены пути их возможного решения.*

*Ключевые слова: автоматизированное производство; Гибкие производственные системы (ГПС); мелкосерийное производство; механизация и автоматизация; технологическая операция; технологический процесс; технологическая оснастка; производственный участок.*

В настоящее время окончательно сформировалась тенденция перехода предприятий к высокоавтоматизированному производству. При этом мелкосерийное и единичное производство оставались практически за бортом этого процесса.

На ранних этапах развитие автоматизации характеризовалось созданием, так называемых, «жестких» автоматических линий. В связи с этим в своё время возникла принципиально новая концепция – гибкие производственные системы (ГПС). Под гибкостью производственной системы понималась её возможность оперативно перестраиваться на производство новой продукции определённой номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик [1]. Внедрение ГПС позволяло увеличить коэффициент использования оборудования, повысить эффективность использования производственных мощностей в целом, сократить сроки производственного цикла. То есть, внедрение ГПС обеспечивало производственные предпочтения, перспективы, и структура которых наглядно показаны на рис. 1 и рис. 2 соответственно.

На данный момент, вопрос использования ГПС на предприятиях остаётся открытым и становится всё более актуальным. В частности, весьма остро ставится вопрос внедрения ГПС именно в мелкосерийном и единичном производствах, так как именно в них имеются нюансы, так или иначе решённые в средне- и крупносерийных производствах.

Характерной чертой применения ГПС на мелкосерийном производстве является обработка небольших партий разнородных деталей с изменяющейся номенклатурой, которые требуют частой переналадки оборудования [3 - 5].

Типичным представителем узкоспециализированного предприятия с единичным и мелкосерийным типом производства является АО «ФЛОТ». При его обследовании авторами был выявлен ряд проблем, наличие которых делает невозможным внедрение на нём ГПС или их элементов. То есть, предприятие при сохранении существующих подходов к организации производства рискует остаться в стороне от мировых тенденций.



Рис.1 – Производственная гибкость системы

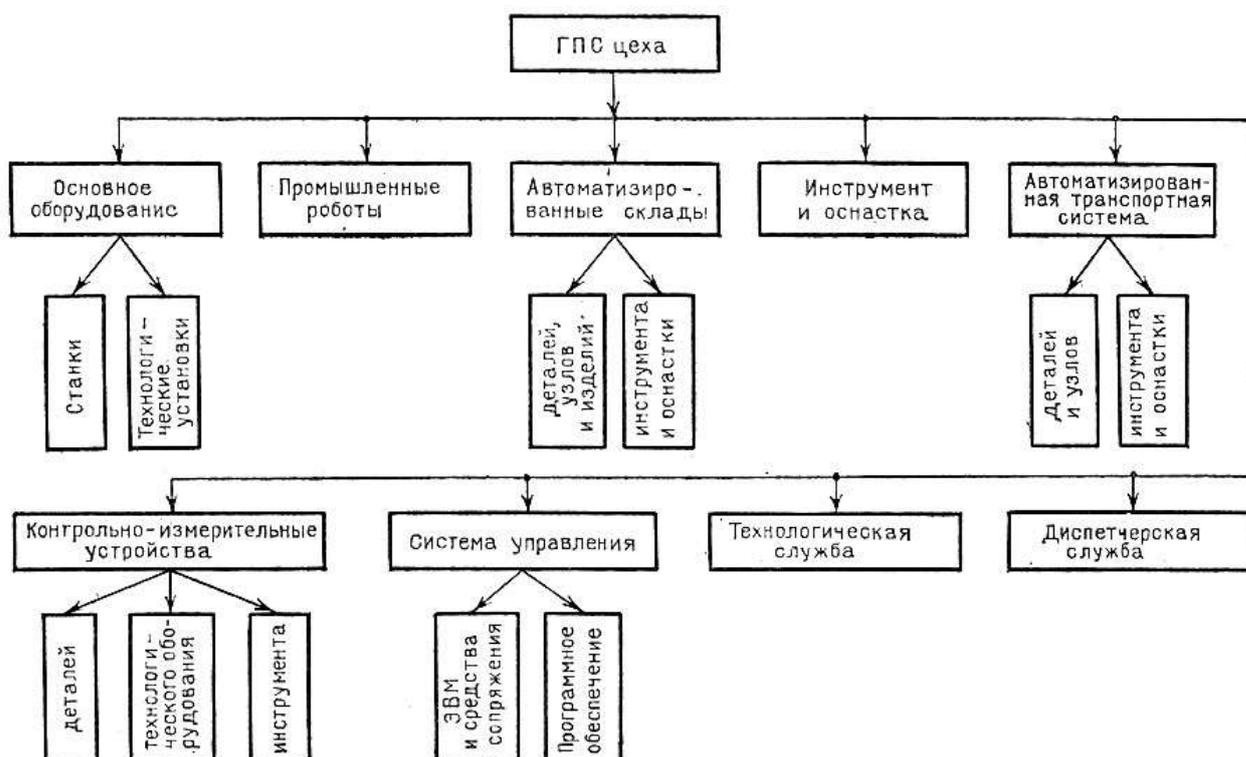


Рис.2 – Структура ГПС

Компания АО «ФЛОТ» производит небольшие катера на воздушной подушке «Марс-10» в различных модификациях. Константой для данного производства является строительство судов с алюминиевым корпусом и надстройкой из стеклопластика. Применительно к изготовлению именно этих элементов судна и были рассмотрены подходы, позволяющие сократить сроки изготовления, увеличить технологичность узлов и деталей, минимизировать брак и дефекты, возникающие при использовании ручного труда.

В настоящее время порядка 80% работ на данном предприятии выполняются вручную. Поэтому естественной явилась попытка механизировать некоторые технологические процессы, связанные с клёпкой алюминиевого корпуса и формованием стеклопластиковой надстройки. Всесторонне была рассмотрена идея замены ручной клёпки алюминия точечной сваркой по слою клея (герметика) и создание на этой основе специализированного гибкого автоматизированного производства (ГПС) или участка (ГАУ) в составе ГПС предприятия. Предполагалось, что применение данного метода позволит сократить общую трудоёмкость изготовления корпуса, уменьшить или исключить количество необходимой технологической оснастки. Были произведены соответствующие расчёты, арендовано необходимое оборудование. Однако, ввиду большого количества труднодоступных мест в корпусе катера, применение этого вида автоматизации (и даже, хотя бы, механизации) процесса оказалось практически невозможным. А применение данной технологии при изготовлении мелких сборочных единицах оказалось экономически нецелесообразным из-за небольших объёмов их производства. То есть, идея создания такой ГПС не подтвердилась ни технологическими, ни экономическими расчётами.

Относительно автоматизации изготовления стеклопластиковых изделий и создания соответствующего ГАП (или ГАУ) была также всесторонне исследована целесообразность и возможность механизации существующего участка. Особенность участка состоит в том, что в настоящее время формование изделий выполняется полностью вручную, конфигурация формируемых объектов является достаточно сложной, принятая технология отличается многономенклатурностью технологических операций и значительными межоперационными паузами. Принятую технологию можно свести к следующим этапам:

- 1) подготовка и воскование (покрытие воском) матрицы;
- 2) нанесение декоративного гелкоута, сушка;
- 3) раскрой стекломатериала;
- 4) нанесение первого слоя стекломатериала и смолы, сушка;
- 5) нанесение последующих слоёв стекломатериала и смолы с промежуточной сушкой;
- 6) установка подкреплений и закладных элементов;
- 7) нанесение финишного слоя стекломатериалов и смолы, сушка.

Выполненный авторами анализ данного технологического процесса выявил множество проблем, обусловленных, в основном, большим объёмом применения ручного труда, значительными временными затратами на промежуточные сушки изделия и исправление пороков формования изделий и брака. Поэтому, на следующем этапе был проанализирован рынок современных технологий, материалов и оборудования для автоматизации процесса изготовления стеклопластиковых изделий.

Анализ показал, что существует достаточное количество высокомеханизированных и автоматизированных способов формования стеклопластиковых конструкций, в том числе: пропитка под давлением, прессование, протяжка, напыление и др. Наиболее подходящим способом для рассматриваемого производства, очевидно, является напыление, т.к. конструкция надстройки имеет достаточно сложные обводы. При этом, даже с учётом значительных затрат на приобретение специализированного оборудования, данная технология наиболее полно соответствует концепции ГПС, так как:

- 1) применяемое оборудование является универсальным, т.е. подходит для изготовления изделий различной формы и размеров; Скорость изготовления изделий увеличивается.
- 2) обеспечивается экономия рабочего времени, ресурсов, полезной площади (так как при подготовке не требуется приготовление смеси из отвердителя и полиэфирной смолы, а также раскрой стекломата);
- 3) упрощается контроль качества изготавливаемой продукции;
- 4) количество отходов сведено к минимуму;
- 5) существенно снижается себестоимость конечного изделия (за счёт применения относительно дешёвого ровинга).

Стоит заметить, что только при применении специализированного оборудования производительность труда увеличивается в 1,5-2 раза. Поскольку ручное формование на предприятии на данный момент освоено в полном объёме, переобучение операторов на работу с автоматизированным оборудованием не должно занять значительного времени, а существующую технологическую оснастку можно применить без каких-либо изменений или доработок.

ГПС, это не только автоматизированное оборудование, агрегаты и оснастка, но и грамотное транспортное сообщение между позициями, то есть, внутрипроизводственная логистика. В настоящий момент, участок стеклопластиковых конструкций занимает площадь  $\approx 150 \text{ м}^2$ , что достаточно для обработки изделий вручную. Однако, при расчёте площадей, необходимых для организации ГАУ, с учётом ширины проходов и буферных складских площадок, необходимая площадь составляет от  $270 \text{ м}^2$  (в зависимости от схемы размещения оборудования в ГПС). Исходя из этого, авторами была предложена компоновка ГАУ для изготовления стеклопластиковых изделий на АО «Флот», схема которой представлена на рис. 3. При этом использовались рекомендации, изложенные в работе [6 - 10].

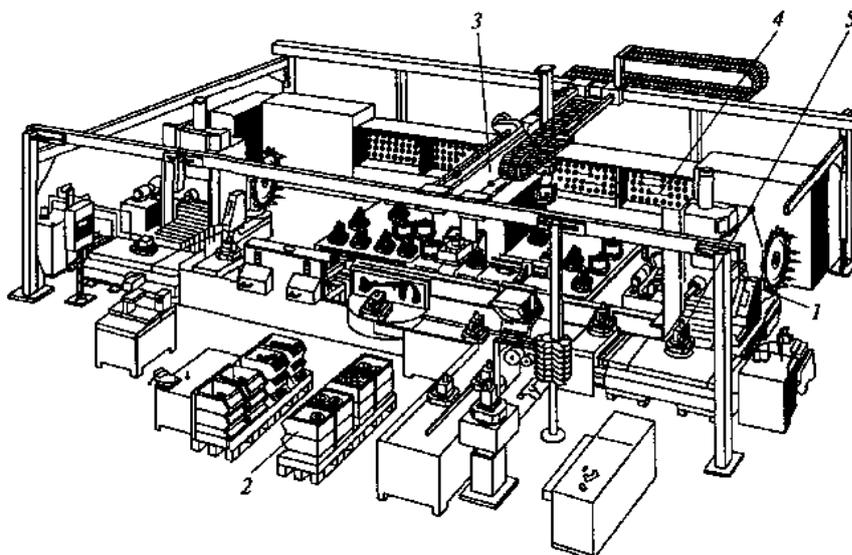


Рис.3 – Пример гибкого автоматизированного участка:

1 – многоцелевой станок с магазином инструментов; 2 – тара с заготовками; 3 – портальный перегрузчик; 4 – склад; 5 – спутник с заготовкой

Дальнейшая проработка концепции показала, что на данный момент АО «Флот» не располагает возможностями для расширения производственных площадей с целью организации более крупного участка. Это является ещё одной проблемой для всех небольших многономенклатурных мелкосерийных производств.

**Вывод:** Таким образом, выявленные в ходе обследования производства АО «Флот» на предмет возможности организации ГПС либо их элементов (ГАУ) проблемы на данный момент не позволили перейти к детальной проработке вопроса.

1) основными сдерживающими факторами являются:

- мелкосерийность и нестабильность загрузки производства, его узкая специализация;
- высокая сложность выпускаемой продукции;
- большая номенклатура сборочных единиц, ограничивающая возможность автоматизации процесса при изготовлении изделий небольшими сериями;
- значительный срок окупаемости оборудования;
- недостаток необходимых производственных площадей.

2) дальнейшая его проработка требует выполнения детальных технологических и экономических расчётов, предполагающих, в том числе, выполнение комплексной перепланировки существующей производственной площадки, расчёты уровня экономии тру-

доёмкости, фонда заработной платы, рентабельности и т.д., принятия принципиальных решений по упрощению конструкции изделий, то есть, по повышению уровня их технологичности;

3) с учётом изложенного в п. 2), а также при условии внедрения принципов «бережливого производства» авторы полагают возможным организацию специализированных ГАУ и последующее создание на их основе на АО «Флот» узкоспециализированного, многономенклатурного и мелкосерийного ГАП (как элемента ГПС).

#### **Список литературы:**

1. Проектирование автоматизированных участков и цехов / под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1992. – 272 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
3. Основы автоматизации производства / под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1995. – 312 с.
4. Гибкое автоматическое производство./ Под ред. Майорова С.А. и Орловского Г.В. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1983, – 376с.
5. Гибкие производственные комплексы/ Под редакцией П.Н.Белянина и В.А.Лещенко. – М.: Машиностроение, 1984, – 384с.
6. Полетаев В.А., Третьякова Н.В., Разработка компоновки и планировки гибких производственных систем. Методические указания. г. Иваново, ИГЭУ, 1999.
7. Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений / В.. Шишмарев. - М.: Издательский центр «Академия» 2007. – 368 с.
8. Rathmill, Keith Proceedings of the 5th International conference on flexible manufacturing systems, 3-5 November 1986, Stratford-upon-Avon, UK
9. Hallett, D. Pull Scheduling Systems Overview. Pull Scheduling. [Электронный ресурс] / D. Hallett. - Режим доступа <http://pullscheduling.com/FreeLeanPullSchedulingBook.aspx>
10. Flexible Manufacturing System for Mass Customization Manufacturing, Guixiu Qiao, Roberto Lu, and Charles McLean, 2007.

### **PROBLEMS OF IMPLEMENTING FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS IN SMALL-SCALE AND SINGLE PRODUCTION**

Tatyana M. Arsenteva, Evgeny G. Burmistrov

*Annotation. This article describes the problems of implementing flexible production systems in relation to highly specialized small-scale production of hovercrafts. The text describes a specific technical process, its main characteristics, as well as its characteristics for possible mechanization. A number of problems that do not allow the use of FMS in this enterprise have been identified, and a solution for their elimination has been proposed.*

*Keywords: Automated production, Flexible manufacturing systems (FMS), Small-scale production, Mechanization, Technological operation, Technological process, Technological equipment, Production area.*