

УДК 621.5

Г. Г. КУЛИКОВ, А. В. РЕЧКАЛОВ

ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Рассматривается применение метода элементной структуризации к исследованию структуры производственного процесса машиностроительного предприятия на основе анализа взаимодействия элементарных ресурсов. Предложен язык мнемосхем для описания особенностей функционирования производственных процессов и их характеристик. Такой подход может быть применен как при разработке системы оперативного управления производством для конкретного предприятия, так и при выборе типовой системы. *Структуризация; оперативное управление производством; производственный процесс; рабочее место*

ВВЕДЕНИЕ

Производственный процесс современного машиностроительного предприятия является сложной динамической системой, включающей десятки тысяч ежедневно контролируемых событий и требующей от системы управления эффективного воздействия для достижения поставленных целей и адекватной реакции на возникающие в процессе производства возмущения [5].

Практика внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) на крупных машиностроительных предприятиях показывает, что, несмотря на усложнение моделей управления снабженческими и сбытовыми функциями, маркетинговыми и финансовыми операциями, наиболее трудоемким и сложным разделом системы управления остается оперативное управление производством (ОУП). Трудозатраты на создание этой части системы составляют более половины затрат на создание всей системы в целом. При этом существенную роль играют сложившиеся на предприятиях стереотипы к содержанию систем управления производством, которые не позволяют в полной мере оценить закономерности функционирования производственного процесса и определиться с методами управления.

Повышение адекватности разрабатываемых методов и моделей ОУП реальным производственным условиям или правильный выбор из типового набора референтных моделей возможны только при условии максимального учета всех факторов, влияющих на

процесс построения и функционирования системы [1, 3].

Однако разнообразие производственных условий машиностроительных предприятий, широкий спектр функционирующих систем управления производством, особенности опыта руководителей и специалистов, участвующих в управлении производством, значительно затрудняют решение этой задачи. Основной проблемой создания эффективной системы управления производством является объективное обоснование вопросов ее структуризации.

Задача структуризации заключается в анализе взаимодействия элементов производственного процесса как объекта управления и обосновании конкретных параметров производственной системы, дифференцированный набор которых оказался бы достаточным для построения адекватных математических моделей.

1. ФОРМИРОВАНИЕ УКРУПНЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Производственный процесс можно представить схемой на рис. 1.

Таким образом, структуру понятия «производственный процесс» можно сформулировать как схему взаимодействия средств труда, предмета труда и труда (рабочей силы) с целью получения продукта. При этом средство труда, предмет труда и труд представляют собой ресурсы, которые в процессе взаимодействия олицетворяются в продукте [2, 4].

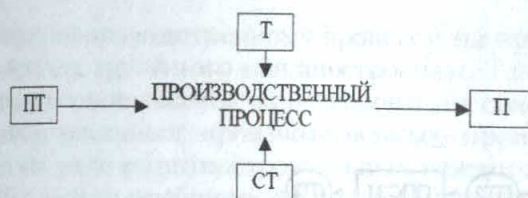


Рис. 1. Структура производственного процесса: ПТ — предмет труда; СТ — средства труда; Т — труд; П — продукт, результат труда

Выделение отдельного процесса из общего производственного процесса предприятия и более углубленный его анализ по существу представляют собой построение и анализ мнемосхемы взаимодействия элементарных ресурсов.

Процесс производства продукции на предприятии регламентирован нормативными документами, установленными Единой системой технологической документации (ЕСТД):

- маршрутной картой (МК);
- комплектовочной картой (КК);
- ведомостью оснастки (ВО);
- ведомостью материалов (ВМ).

В перечисленных документах элементы производственного процесса представлены в виде определенных информационных идентификаторов (кодов), обеспечивающих уникальность информационного отображения того или иного элемента в процессе управления.

Упорядочение производственного процесса обеспечивается установлением взаимосвязей между элементами. Информационное отображение этих взаимосвязей определено документами ЕСТД.

Основой метода структуризации является правильный выбор состава элементарных структурных единиц и взаимосвязей между ними. В этом случае анализ взаимосвязей отдельных элементов позволяет сформулировать представление о системе в целом. Ресурсы СТ и Т можно рассматривать как объединенный элементарный ресурс «рабочее место» (РМ). Такое объединение при структурном анализе процесса производства можно считать целесообразным потому, что оно, с одной стороны, объективно обусловлено наличием жесткой взаимосвязи между ресурсами Т и ПТ, а с другой — упрощает процесс анализа. ГОСТ 3.1109-73 определяет рабочее место как часть производственной площади цеха, на которой размещены один или несколько исполнителей работы и обслуживаемая ими единица технологического оборудования или часть конвейера, а также оснаст-

ка и (на ограниченное время) предметы производства.

Процесс взаимодействия элементарных ресурсов, составляющих первичное производственное звено, при неизменном их составе представляет собой элементарный производственный процесс. Этот элементарный процесс в большинстве случаев соответствует технологической операции. Но, учитывая, что, кроме технологических операций, существуют операции контроля, транспортировки и др., целесообразно при дальнейшем анализе элементарную составляющую производственного процесса обозначить общим термином «первичный производственный процесс» (ППП).

На основании анализа конструкторско-технологической документации и реального производственного процесса на предприятиях можно выделить несколько разновидностей производственных процессов: процесс комплектования (ПК), процесс изготовления или первичный производственный процесс (ППП) и процесс поддержания страхового запаса (ППСЗ) (рис. 2).

Процесс изготовления предмета труда характеризуется последовательностью первичных процессов, принадлежащих предмету труда с одним кодом. Процесс изготовления предмета труда, для осуществления которого требуются один или несколько других предметов труда, является процессом сборки (ПС). Процесс сборки аналогичен процессу изготовления как последовательность первичных процессов.

Процесс комплектования заключается в сосредоточении предметов труда, необходимых для сборки, и присвоении совокупности этих предметов нового кода, принадлежащего комплектуемому предмету труда. Аналогично осуществляется комплектование материалом какого-либо отдельного предмета труда.

Процесс поддержания страхового запаса готовых предметов труда является частью производственного процесса. Процесс поддержания страхового запаса предметов труда охватывает период с момента их доставки к месту хранения до момента начала процесса комплектования.

Тогда процесс производства на предприятии схематично можно представить в виде совокупности элементов, где взаимосвязями между предметами труда являются первичные производственные процессы (ППП), процессы комплектования (ПК) и процессы пополнения страхового запаса (ППСЗ), а вза-

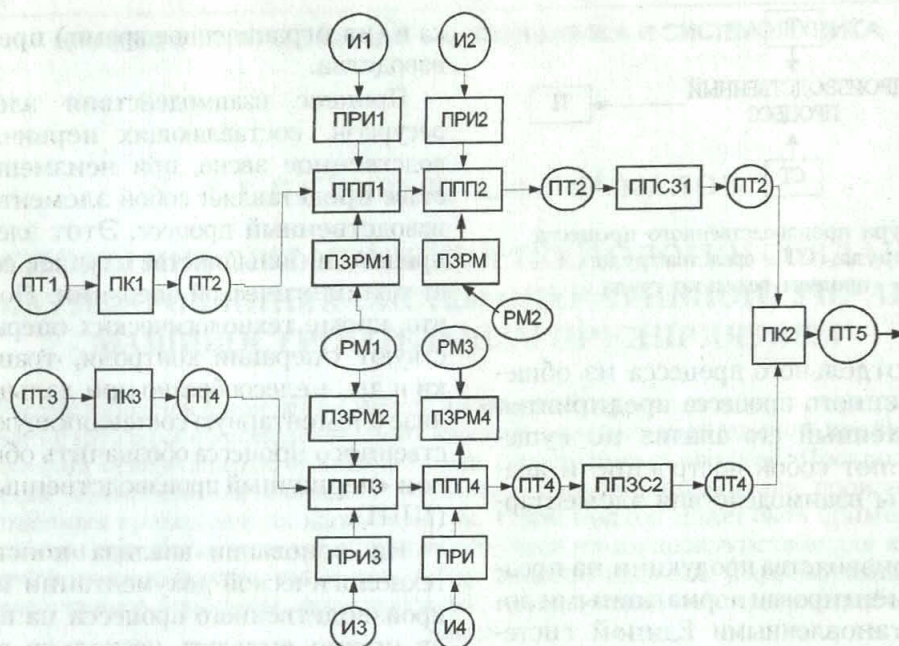


Рис. 2. Взаимосвязи элементов производственного процесса (ПТ1–ПТ5 – предметы труда; И1–И4 – инструменты; РМ1–РМ2 – рабочие места; ПК1–ПК3 – процессы комплектования; ППП1–ППП4 – первичные производственные процессы; ПРИ1–ПРИ4 – процессы распределения инструмента; ПУО – процесс установления очередности; ПЗРМ1–ПЗРМ4 – процессы загрузки рабочих мест; ППС31–ППС32 – процессы поддержания страхового запаса)

взаимосвязями между ресурсами «инструмент», «рабочее место» и первичными производственными процессами – процессы распределения инструмента (ПРИ), процессы загрузки рабочих мест (ПЗРМ) и процессы установления очередности (ПУО).

Процессы обеспечения ресурсом «рабочее место» являются процессами распределения этого ресурса между ППП. Их содержание при этом определяется не только необходимым временем для выполнения запланированных ППП в каждом рассматриваемом временном отрезке, но и конкуренцией нескольких ППП, которые необходимо осуществить на одном РМ в этом временном отрезке.

Первую особенность, заключающуюся в обеспечении наивыгоднейшей загрузки имеющихся рабочих мест, обозначим как процесс загрузки рабочих мест (ПЗРМ). Вторую особенность, заключающуюся в установлении наивыгоднейшей последовательности или очередности обработки предметов на одном рабочем месте, обозначим термином «процесс установления очередности» (ПУО).

Таким образом, процесс производства как объект оперативного управления можно разделить на несколько составляющих его частичных процессов:

- процесс установления очередности (ПУО);
- процесс загрузки рабочих мест (ПЗРМ);
- процесс распределения инструмента (ПРИ);
- процесс изготовления как последовательность первичных производственных процессов (ППП);
- процесс поддержания страхового запаса (ППСЗ);
- процесс комплектования (ПК).

Такая дифференциация производственного процесса, на наш взгляд, отвечает задаче структуризации процесса оперативно-управления производством и может служить основанием для дальнейшего рассмотрения при формировании его функциональной структуры и моделировании.

2. АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКИХ (УСЛОВНО ПОСТОЯННЫХ) ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Дальнейшая структуризация выделенных частичных процессов предполагает углубленный анализ вариантов взаимосвязей элементов первичного производственного звена в каждом из этих процессов и выявление существенных вариантов и особенностей, при-

сущих производственному процессу на предприятиях серийного машиностроения. Такой анализ основывается на исследовании содержания реальных производственных процессов на ряде машиностроительных предприятий с учетом особенностей построения производственных процессов, содержащихся в нормативной технологической документации.

Рассмотрим структуру взаимосвязей элементов ППП и РМ, которые составляют содержание процессов ПЗРМ и ПУО (рис. 2). Здесь можно выделить четыре варианта взаимосвязей, показанных на мнемосхемах (рис. 3–6).

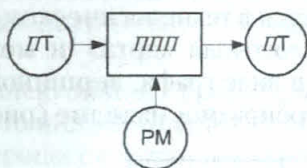


Рис. 3. Схема поточного производства

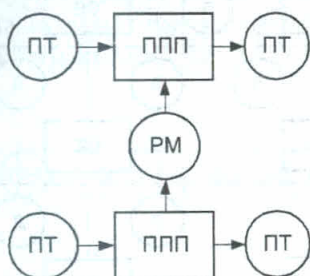


Рис. 4. Схема партионных ППП

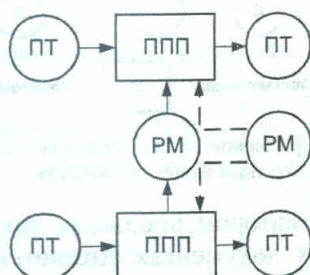


Рис. 5. Схема партионных ППП с альтернативным РМ

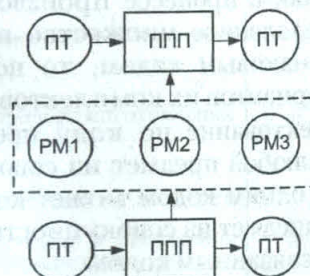


Рис. 6. Схема партионных ППП с произвольным выбором РМ

Процесс изготовления продукта (П) представляет собой последовательность первичных производственных процессов, которая может быть упорядоченной однозначно или детерминированной, упорядоченной частично или вариантной, и неупорядоченной или независимой (рис. 7–9).

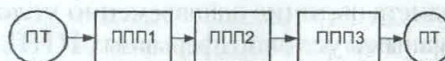


Рис. 7. Детерминированная последовательность

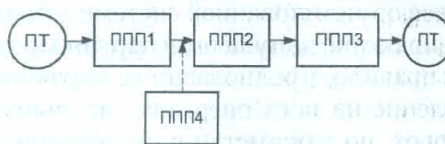


Рис. 8. Вариантная последовательность ППП

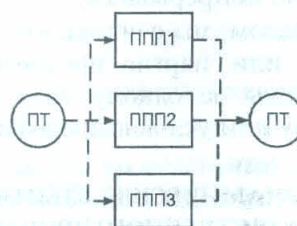


Рис. 9. Независимая последовательность ППП

Но процесс изготовления продукта не ограничивается только первичными производственными процессами (ППП). Он содержит также межоперационные первичные процессы транспортировки (ППТ), а также процессы хранения (ППХ). Оба этих элементарных процесса также являются процессами взаимодействия ресурсов РМ и ПТ.

Тогда развернутую последовательность первичных процессов при производстве продукта можно представить как периодическую последовательность ППП, ППТ, ППХ.

Для процессов с условно непрерывными ППП основной характеристикой является ритм производственного процесса по всей совокупности ППП. Такой ритм обеспечивается поддержанием необходимого уровня межоперационных заделов, которые определяются, исходя из размера транспортной партии и необходимого страхового запаса, компенсирующего несинхронность выполняемых ППП. Условно прерывный ППП характеризуется последовательной обработкой ограниченного размером партии количества предметов труда одного наименования. В этом случае партия предметов может рассматриваться

как самостоятельный элемент производственного процесса (совокупный предмет), обладающий в процессе взаимодействия с другими элементами производственного процесса определенными вариантами взаимосвязей и их характеристиками.

Прежде всего, необходимо решить вопрос, допускается ли в процессе изготовления предмета наличие одновременно условно непрерывных и условно прерывных ППП. Теоретически такая ситуация возможна, однако практически в производстве такое положение создало бы дополнительные неудобства даже в неформализованной системе управления. На практике запущенная партия предметов, как правило, предполагает ее партионное изготовление на всех операциях до выпуска. И наоборот, по предметам с преобладающими условно непрерывными ППП отдельные условно прерывные ППП могут быть приведены к условно непрерывным.

Таким образом, мы считаем, что все ППП по предмету или партии предметов могут быть приведены к одному типу: условно непрерывному или условно прерывному.

3. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Партия предметов в процессе производства может менять свою количественную характеристику. Такая ситуация возникает в случае разделения партии на две или несколько более мелких.

При таком разделении вновь образованные партии функционируют самостоятельно со своими идентификаторами и параметрами процесса изготовления (рис. 10).

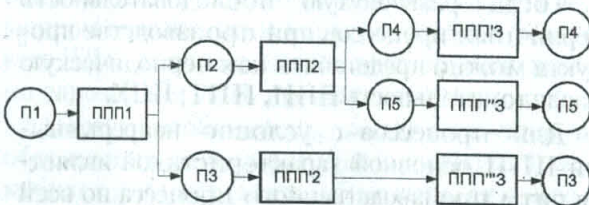


Рис. 10. Разделение партий предметов в процессе производства

Главная функция процесса поддержания страхового запаса (так же как и межоперационного) — обеспечить наличное количество готовых для процесса комплектования предметов труда в любой момент не меньше величины потребности. При этом нельзя увлекаться установлением слишком больших запасов, которые увеличивают издержки про-

изводства и приводят к искажению информации при расчете очередности выполнения партий. И в то же время снижение запаса ниже необходимого уровня может создать дефицит и внести нарушения в запланированный ход производства.

Уровень страхового запаса характеризуется нормативной величиной — минимальным количеством предметов труда, которое в частном случае может быть равно нулю.

Процесс комплектования предметами труда является процессом сосредоточения всей совокупности предметов труда, необходимых для сборки партии предметов труда — сборочных единиц. Такой процесс информационно отражается в технологическом документе «Комплектовочная карта» и может быть представлен в виде графа, вершиной которого является собираемое изделие (рис. 11).

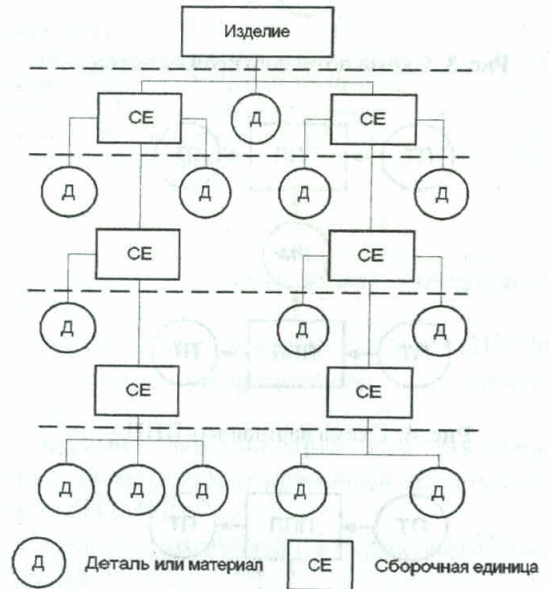


Рис. 11. Графическое представление документа «Комплектовочная карта»

Идентификатором предмета труда в технологических документах является его код (конструкторское обозначение), который характеризует любой предмет, произвольно взятый из совокупности предметов с одним кодом. Так как в процессе производства создается определенное множество предметов труда с одинаковым кодом, то появляется несколько вариантов их комплектования:

1) Комплектование по коду предмета. В этом случае любой предмет из совокупности предметов с одним кодом может комплектовать любой предмет из совокупности предметов с взаимосвязанным кодом.

2) Комплектование по кодам предметов и специальному идентификатору предмета

высшего уровня (продукта), который называется заказом. В этом случае комплектование осуществляется по коду предмета и коду заказа.

3) Комплектование по кодам предметов и индивидуальным номерам. В этом случае только единственный из совокупности предметов одного кода может комплектоваться другим предметом.

В процессе комплектования возможны несколько вариантов взаимодействия предметов труда:

- комплектование предметами труда до начала процесса сборки (рис. 12);

- комплектование предметами труда по ходу технологического процесса сборки (рис. 13);

- комплектование предметами труда на время выполнения отдельных операций сборочного процесса — так называемая «предварительная сборка» (рис. 14);

- процесс обратный комплектованию — «условная разборка», когда из одного предмета труда получается несколько предметов труда с другим кодом (рис. 15).

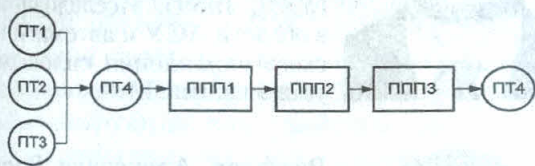


Рис. 12. Схема процесса сборки с комплектовкой на начальной операции

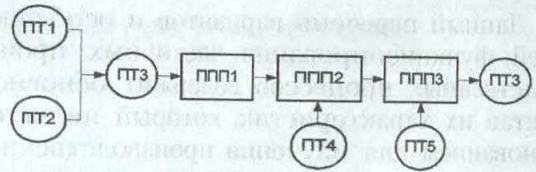


Рис. 13. Схема процесса сборки с доукомплектовкой на последующих операциях

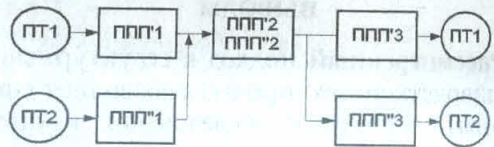


Рис. 14. Схема процесса предварительной сборки

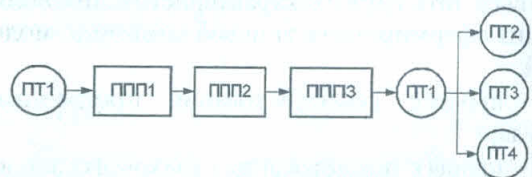


Рис. 15. Схема процесса условной разборки

В результате проведенного анализа мнемосхем производственного процесса можно сформировать перечень особенностей рассмотренных частичных производственных процессов, которые определяют состав и содержание моделей функций процесса оперативного управления основным производством (табл.).

Таблица

Матрица элементов процесса изготовления продукции оперативного управления производством

Частичные производственные процессы	Варианты реализации частичных производственных процессов	Особенности взаимодействия ресурсов в производственном процессе
1. Процесс комплектования	1. Позаказный способ комплектования 2. Подетальный способ комплектования	1. Комплектование только на первой операции техпроцесса 2. Комплектование на последующих операциях техпроцесса 3. Процесс, обратный комплектованию 4. Процесс индивидуальной подгонки
2. Процесс поддержания страхового запаса	1. Потребление определенное 2. Потребление случайное	1. Потребление определенное равномерное 2. Потребление определенное неравномерное
3. Процесс изготовления	1. Условно прерывный 2. Условно непрерывный	1. С заданной последовательностью операций 2. С вариантной последовательностью операций 3. С произвольной последовательностью операций
4. Процесс установления очередности	1. С учетом номеров производственных партий 2. Без учета номеров производственных партий	

Данный перечень вариантов и особенностей функционирования частичных производственных процессов содержит основной состав их характеристик, который является основанием для изучения производственного процесса и принятия решения по системе ОУП.

ВЫВОДЫ

Рассмотренный подход к структуризации производственного процесса позволяет сформировать методику обследования процесса основного производства на предприятиях, дать объективную оценку необходимости разработки тех или иных моделей ОУП, а также выделить группу характеристик, позволяющих сформировать типовой комплекс моделей:

- процесс комплектования предметами труда;
- процесс поддержания страхового запаса предметов труда;
- процесс изготовления как последовательность элементарных производственных процессов (операций);
- процесс установления очередности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алехнович А. В., Жалнерович К. А., Седегов Р. С.** Комплексная автоматизированная подсистема оперативного управления производством. Минск: БГУ, 1974. 120 с.
2. **Куликов Г. Г., Речкалов А. В., Черняховская Л. Р. и др.** Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования. Уфа: УГАТУ, 1999.

3. **Лесунов В. П., Речкалов А. В.** Компьютеризация — основа повышения оперативности и качества управления // Двигатель. 1999. № 2. С. 30–31.
4. **Речкалов А. В., Пешков Г. Ф.** Некоторые закономерности построения системы оперативного управления производством на машиностроительном предприятии / Ин-т экон. УНЦ АН СССР. Свердловск, 1982. 30 с. Деп. в ИНИОН АН СССР 18.02.82. Т 10871.
5. **Речкалов А. В.** Опыт использования элементов CALS-технологии на ОАО УМПО // Информационные технологии в наукоемком машиностроении; компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под общ. ред. А. Г. Братухина. К.: Техніка, 2001. С. 317–326.

ОБ АВТОРАХ

Куликов Геннадий Григорьевич, профессор, зав. кафедрой АСУ УГАТУ. Дипл. инженер по автоматизации машиностроения (УАИ, 1971), д-р техн. наук по системному анализу, автоматическому управлению и тепловым двигателям (УАИ, 1989). Исследования в области АСУ и автоматического управления силовыми установками ЛА.



Речкалов Александр Васильевич, зам. генерального директора ОАО УМПО. Дипл. инженер по электрификации и автоматизации (Тюмен. индустр. ин-т, 1974). Д-р техн. наук (УГАТУ, 2001). Исследования в области экономики, организации и автоматизации управления производством.

