

О ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Степень подобия между системами, подсистемами и задачами АСУП для разных отраслей (предприятий, отделов, цехов) минимальная, что порождает большие издержки в проектировании программного обеспечения. Методология проектирования АСУП скрывает резервы для существенного удешевления этих работ. Цель этой работы – предложить обобщенную (унифицированную) схему задачи или подсистемы АСУП, что позволит сократить издержки на их проектирование. В качестве такой схемы предложена концептуальная модель системы управления производством. Атрибутами концептуальной модели есть базовая система управления с кластером моделей простейших производственных систем, дерево системы управления, функция планирования, функция стоимостного учета и идея полифункциональности производственной информации. Предложен способ представления многоуровневой системы управления производством как суперпозиции двухуровневых систем управления. Две идеи – кластер моделей простейших производственных систем и суперпозиция систем управления создают – предпосылки для классификации и типизации систем управления производством. Объектами первоочередного исследования среди атрибутов модели простейших производственных систем есть организационный механизм и механизм агрегирования производственной информации. Классификация и типизация систем управления производством – это необходимое условие для построения универсальной (или квазиуниверсальной) концептуальной модели системы управления производством. Концептуальная модель системы управления производством рассматривается как основа для проектирования АСУП.

Ключевые слова: Система управления, производство, проектирование, учет, издержки, АСУП, методология.

Введение

Для автоматизации систем управления производством (АСУП¹) применяются пакеты программ типа ERP-система [1] – 1С:ERP2 [2] или SAP R3 [3]. Распространяемые пакеты – это универсальные программные комплексы с возможностью настройки параметров. Применение этих пакетов требует высокую квалификацию персонала, существенную подготовку предприятия к внедрению, достаточно длительные сроки внедрения, что влечет затраты времени и финансовых ресурсов. С другой стороны, любая универсальная система в эксплуатации сложнее, чем специализированная. Сопоставление затрат на внедрение и эксплуатацию упомянутых пакетов программ с одной стороны и получаемый эффект с другой стороны свидетельствует о существовании проблемы.

Кроме того, статистика [4] свидетельствует о том, что только 60 % внедряемых проектов с применением ERP-систем успешны. Тенденции развития машиностроительной промышленности свидетельствуют о том, что эффективность и прогресс в развитии производства достигается на пути специализации производственных процессов в противоположность универсальным. Казалось бы, что и в управлении производством следовало бы применять специализированное программное обеспечение, что должно быть проще с точки зрения внедрения и эксплуатации. Но программное обеспечение (ПО) АСУП, будучи частью глобальной индустрии ПО, имеет те же проблемы, что и вся индустрия в целом – большая трудоемкость. Не каждое промышленное предприятие имеет возможность самостоятельно разрабатывать или заказывать специализированную АСУП. Если же предприятие и пытается самостоятельно разрабатывать собственные АСУП, то в этом случае есть другие

¹ АСУП – это обозначение двух словарных понятий “автоматизированная система управления предприятием” и “автоматизированная система управления производством”. В работе используется второе понятие – “автоматизированная система управления производством”.

проблемы, важнейшая из которых – недостаток квалифицированного персонала.

Предприятиям необходимы специализированные и недорогие системы АСУП. Возможность решения этой задачи находится в совершенствовании методологии проектирования АСУП. Именно методология скрывает резервы для существенного удешевления проектирования АСУП. По настоящее время при проектировании АСУП применяется функциональный или позадачный подход – задача только для конкретного подразделения, АСУ – для подсистемы. Степень общности между системами, подсистемами и задачами для разных отраслей (предприятий, отделов, цехов) минимальная. Из-за этого есть большие издержки в изготовлении ПО, что и порождает упомянутые выше проблемы.

Цель работы заключается в том, чтобы предложить описание концептуальной модели системы управления (СУ) производством и показать возможность ее дальнейшего систематического исследования и уточнения. Систематическое исследование СУ производством не является самоцелью, а ориентировано на создание предпосылок для генерации задач и систем АСУП. То есть, конечная цель исследования – перейти от ручного программирования задач и подсистем АСУП или от внедрения универсальных пакетов программ к генерации задач и подсистем АСУП. За счет чего и будет достигнуто существенное сокращение издержек при проектировании АСУП.

Новизна работы заключается в двух ключевых идеях:

- детальный учет производственного процесса;
- расчленение многоуровневой иерархической системы управления на цепи двухуровневых взаимодействующих систем управления.

Исходные положения

А. В качестве производства рассматриваются все возможные виды человеческой деятельности – производство предметов, машин, продуктов, оказание

услуг. Как производство рассматриваются все виды деятельности, где принимает участие человек, принимающий решения – промышленное производство, сфера услуг, сельское хозяйство, шоу-бизнес, научные исследования, работа правоохранительных органов, медицина, военные действия, политика, дипломатия, СМИ и т. п. Объект, который производит нечто, называется производственной системой (ПС). Общее название того, что получается в результате производства – товар (ТР). Процесс, в течении которого формируется товар, называется производственным процессом (ПП). В работе внимание чаще будет акцентировано на основном производственном процессе промышленных предприятий².

Б. Для исследования систем управления применяется двухуровневая модель субъект-объект (рис.1) – простейшая (примитивная, элементарная) система управления [5].

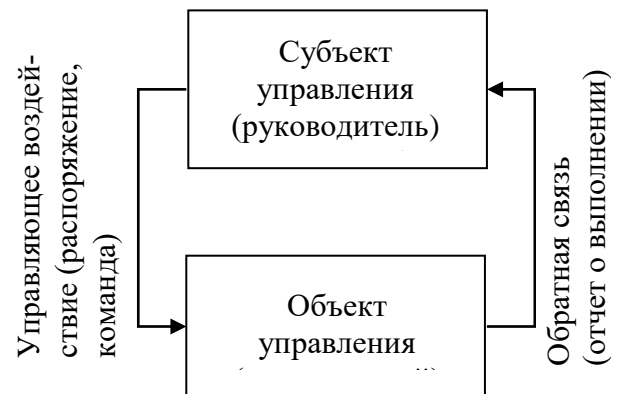


Рис. 1. Простейшая система управления

В. Предполагается, что товар производится на продажу. Это положение влечет необходимость вести учет в производстве не только в натуральных единицах, но и в стоимостных.

Г. Предполагается, что человек – это неотъемлемая компонента как субъекта управления, так и объекта управления. Это обусловлено тем, что концептуальная модель СУ производством ориентирована

² В перспективе в полностью автоматизированных и автоматических ПП стирается различие между основными, вспомогательными и обслуживающими процессами и происходит их симбиоз.

на создание автоматизированных систем, а не автоматических.

Д. Управление производством основывается на тотальном или тщательном учете ПП. Эти идеи продвигались еще в шестидесятые годы [6]. Тщательный учет предполагает подетальный учет, если любая деталь в ПП не может быть гарантированно изготовлена. Иначе, если любая операция в ПП не может быть гарантированно выполнена, то предполагается пооперационный учет. Возможно и более глубокий уровень учета – по переходам и т. д. в зависимости от уровня надежности ПП. Самый мелкий фрагмент, подлежащий учету и принятый в конкретной ПС, называется производственным действием (ПД). В процессе учета фиксируется и время выполнения ПД и факт выполнения. Единицы времени в процессе учета могут быть различными и определяются технологией производства. Это может быть и смена, и несколько смен, и поминутный, посекундный и даже более мелкий учет³. Тщательность заключается в том, что фиксируются все преобразования материала или полуфабриката, все движения объектов труда в пределах ПС.

Е. Рассматривается условно завершённый ПП – от начала производства ТР до его продажи. Хотя на предприятии или в отношениях с заказчиком может быть оговорено, что полагать началом и завершением.

Ж. Предполагается, что производство товара совершается в соответствии с технологией. Технология изготовления (ТИ) ТР предопределяет ПП. ТИ и ПП совместно определяют СУ производством.

З. Формализованная и зафиксированная на носителях модель СУ производством⁴ является исходными данными для проектирования АСУП.

Базовые факторы

Существующие СУ разнообразны. Разнообразие порождается множеством

факторов. Совокупность факторов порождает и архитектуру СУ, и ее функционирование. В работе в качестве базовых рассматривается шесть факторов. Затем будут определены архитектура и функционирование СУ, в построении которых учтены эти базовые факторы.

Товар – предмет (ТП). Это может быть изделие любого вида (не услуга). Промышленное изделие, продовольственный продукт, художественное изделие и т. п. По которому должно быть известно – определение (идентификация), длительность изготовления, количество или объем в соответствующих единицах измерения. Сведения о нем поступают в ПС в виде заказа, который предстоит выполнить и реализовать заказчику. Количество изменяется от единицы товара до произвольного количества. Если производится более одного экземпляра товара, то каждый экземпляр получает свой номер (системный номер). Нумерация действительна внутри ПС⁵. Если товар упаковывается в ящиках, пакетах и т. п., то нумеруются и учитываются также средства упаковки. Товар может производиться для разных заказчиков. В таком случае вводится также номер заказа внутри ПС. ПС может производить более одного вида товаров. В таком случае независимо от того, какой заказ комплектуется этим товаром, вводится идентификатор вида товара.

Товар – услуга (ТУ). Сведения о нем поступают в ПС в виде заказа, который предстоит выполнить и реализовать заказчику. Это может быть услуга любого вида (не предмет) – лизинг, охранные услуги, аренда, любой сервис, техническое обслуживание и т. п. По ТУ должно быть известно – определение (идентификация), длительность предоставления услуги, количество рабочих мест (единиц оборудования) в соответствующих единицах измерения. Объем услуги изменяется от минимального возможного временного промежутка использования до промежутка произвольной длительности. Если ПС производит более одной услуги для одного и того же заказчика в разное время, то каждая

³ В мобильной и проводной связи учет разговоров посекундный – практически непрерывный.

⁴ В данной работе не учитываются доступные технические средства, которые будут применяться для эксплуатации АСУП.

⁵ Нумерация товара может использоваться за пределами ПС.

из них получает свой номер внутри ПС. Услуга может производиться для разных заказчиков. В таком случае вводится также номер заказа внутри ПС. ПС может производить более одного вида услуг. В таком случае независимо от того, какой заказ выполняется, вводится идентификатор вида услуги.

Рабочий центр (РЦ). Это любое сочетание типа – человек плюс инструмент плюс оборудование. Его функция внутри ПС состоит в том, что он может получить задание на изготовление (производство) товара, изготовить его и сообщить об изготовлении. РЦ может начать действовать в любой момент. Это может быть работник с набором инструмента, рабочий за станком, оператор за пультом оборудования химического производства, водитель с транспортным средством и т. п. По РЦ должно быть известно его определение (идентификация), время, в течение которого РЦ может быть использован, номер в ПС. Время использования может быть задано графиком. В ПС может использоваться произвольное количество РЦ, которые могут быть более одного вида. В этом случае необходимо иметь идентификатор вида. РЦ не управляет людьми, но может управлять оборудованием.

Ресурс первого вида – предмет (Р1). Это предметы или материалы, которые обрабатываются или перерабатываются в течение ПП. Это могут быть также инструменты или оборудование, необходимые для того, чтобы протекал ПП. Ресурсы вида Р1 могут расходоваться или нет, также могут изнашиваться. Р1 может быть более одного вида. По каждому Р1 должно быть известно определение (идентификация), количество в соответствующих единицах. Если ресурс хранится и затем используется единицами или порциями, то каждая единица или порция должны иметь системный номер этой единицы или порции использования. Для различных видов Р1 задаются идентификаторы вида.

Ресурс второго вида – процесс (Р2). Ресурсами этого вида могут быть – энергоснабжение, подача газа, воды, тепла, работа специалиста в течении промежутка времени и т. п. Это ресурсы, которые

поставятся непрерывно в течении некоторого времени. Приостановка подачи этого вида ресурса прерывает либо завершает ПП и не позволяет произвести товар. Р2 может быть более одного вида. По каждому Р2 должно быть известно определение (идентификация), количество в соответствующих единицах. Если ресурс используется порциями, то каждая порция должна иметь системный номер, а также время или график в течении, которого порция может быть использована. Если использование ресурса не разделено на порции или временные промежутки, то номер получает весь временной промежуток использования ресурса в процессе выполнения ПД. Ресурсов, которые используются в течении временного промежутка может быть более одного. Например, работа двух самосвалов в течении часа. Для различных видов Р2 задаются идентификаторы вида.

Технология. ТИ описывает те технологические операции, которые должны быть выполнены для того, чтобы изготовить товар. По каждой операции должно быть известно определение (идентификация), номер внутри ТИ, РЦ на котором выполняется операция, перечень ресурсов Р1 и перечень ресурсов Р2, необходимых для выполнения операции. По каждому виду ресурса Р1 должно быть известно определение (идентификация), количество в соответствующих единицах, необходимое для успешного выполнения операции. По каждому виду ресурса Р2 должно быть известно определение (идентификация), количество в соответствующих единицах или количество порций, необходимых для успешного выполнения операции.

Модель системы управления

Далее для каждого сочетания факторов предлагается описание ПП и СУ, собственно предлагается модель простейшей производственной системы (МПС). Совокупность всех описаний МПС является основной компонентой базовой СУ. Каждое описание содержит структурный, организационный, операционный и информационный аспекты.

Структурный аспект предполагает описание субъекта и объекта управления.

Суб'єкт управління – керівне лице (РЛ) в МПС – одно. Об'єктів (РЦ) – може бути більше одного (рис. 2). Організаційний аспект описує розподіл робіт між РЦ і порядок їх виконання. Інформаційна модель описує те команди і сигнали, які формуються і фіксуються де-небудь і як-небудь в процесі управління, а також вся інформація про ПП і наявність ресурсів. Операційна модель описує порядок руху керуючих команд і сигналів в поєднанні з протіканням ПП.

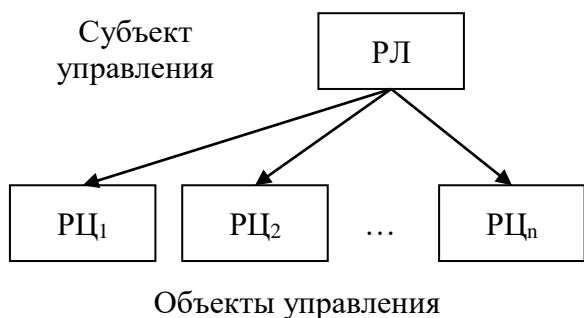


Рис. 2. Структура базової СУ

А. Найпростіший варіант МПС – це один РЛ і один РЦ. Використовується Р1 одного виду. ТИ складається з однієї операції. Виробляється ТП, який призначається до виготовлення на єдиному РЦ. Команда від РЛ встановлює час початку роботи. Після закінчення роботи РЦ повідомляє РЛ про завершенні.

Б. МПС виробляє більше одного ТП. Це означає зміни в взаємодії РЛ і РЦ. Вироблення кожного ТП починається з команди РЛ, наданої РЦ про початок виготовлення наступного ТП, і закінчується сигналом від РЦ до РЛ про завершенні. Всередині ПП ведеться облік ПД. Також ведеться облік ТП в картотеці або в переліку замовлень. Для кожного замовлення відомо необхідна кількість ТП і його кількість виготовлених. Нумерації ТП і ПД будуть збігатися.

В. МПС виробляє ТП більше одного виду і в різних кількостях. Операції управління залишаються такими ж, як і в попередньому випадку – виготовлення кожної одиниці ТП починається з команди на початок роботи і закінчується сигналом від

РЦ до РЛ про завершенні (рис. 1) ПД. Для кожного замовлення відомі види ТП, необхідна кількість і кількість виготовлених ТП всередині виду.

Г. МПС виробляє ТП більше одного виду і в різних кількостях. В СУ один РЛ і більше одного РЦ (рис. 2). Використовується Р1 одного виду. ТИ складається з однієї операції. Для такої СУ повинен бути визначений організаційний механізм (ОМ) або алгоритм. ОМ визначає порядок розміщення ТП на різних РЦ. Тобто, за допомогою ОМ РЛ розподіляє роботи між РЦ. Операції управління залишаються такими ж, як і в попередньому випадку.

Незалежно від кількості РЦ і ТП ведеться єдина сквозна нумерація ТП і єдина сквозна нумерація ПД. ПД має унікальний номер. У ПД зберігається така інформація: номер замовлення, номер ТП, номер РЦ, час початку і закінчення ПД.

В реальному виробництві функції, що відповідають організаційному механізму виконує або РЛ, або диспетчерські служби (відділи). Коли всі РЦ виконують свої ПД і про це РЛ отримує повідомлення, то дані про виконання необхідно звести в одне інформаційне ціле. Це може бути або одне число (кількість, об'єм і т. п.), або сукупне дані (список, перелік виготовлених ТП) [6]. Спосіб або алгоритм, за допомогою якого дані про виконання ПД зводяться в одне інформаційне ціле, називається механізмом агрегування (МА). Дані про виконання можуть зводитися в єдине ціле також і за час виконання ПД.

Д. В МПС один РЛ і більше одного РЦ. Використовується Р1 більше ніж одного виду. ТИ складається з однієї операції. МПС виробляє ТП більше одного виду і в різних кількостях. Для МПС повинна бути визначена ОМ. Види і необхідні для операції об'єми Р1 задані в ТИ. Можливі наступні варіанти операцій управління. Якщо в РЦ є вільний доступ до будь-якого з видів Р1, то операції управління залишаються такими ж, як і в попередньому випадку – команда на початок ПД і сигнал про завершенні ПД. Ес-

ли какой-либо ресурс должен быть доставлен к РЦ (возможно со склада), то подразделению, обеспечивающему хранение необходимо подготовить и передать сообщение (документ) с указанием того, какой ресурс Р1, в каком объеме или количестве необходимо выделить. Это может быть перечень или график поставки ресурса к РЦ. Подразделение хранения ресурса в таком случае становится еще одним РЦ, получает команды от РЛ и сигнализирует об исполнении. Доставка ресурса становится еще одним ПД. Также появляется порядок выполнения ПД, который должен учитываться ОМ.

Е. В МПС один РЛ и более одного РЦ. Используется Р1 более чем одного вида. ПС производит ТП более одного вида и в разных количествах. ТИ состоит из более чем одной операции. Для МПС должна быть определена ОМ. Виды Р1 заданы в ТИ. Если существует вероятность того, что какая-то операция может быть не выполнена, то учет внутри МПС ведется по операциям. Информация о ПД при пооперационном учете включает номер ТП, номер РЦ, время начала и время завершения ПД и номер операции. ОМ использует ТИ как исходные данные для размещения ТП на РЦ или выполнение операций на РЦ. Если внутри ТИ операции имеют определенный порядок, то он учитывается в ОМ. В случае пооперационного учета РЛ дает команду на выполнение очередного ПД (операции) и получает сигнал после завершения ПД.

Концептуальная информационная модель информации о ПП показана на рис. 3. Идентификатор ПД содержит идентификаторы товара, самого ПД, технологии и технологической операции. Идентификатор ресурса содержит код вида ресурса (Р1) и номер внутри вида.

Перечисление и описание МПС для упомянутых выше факторов не является систематическим. Полный перечень описаний МПС приведен в таблице.

В таблице следующие обозначения:

- в первой строке показано возможность изменения количества видов ТП. 1 – один вид, 1+ – более одного вида;

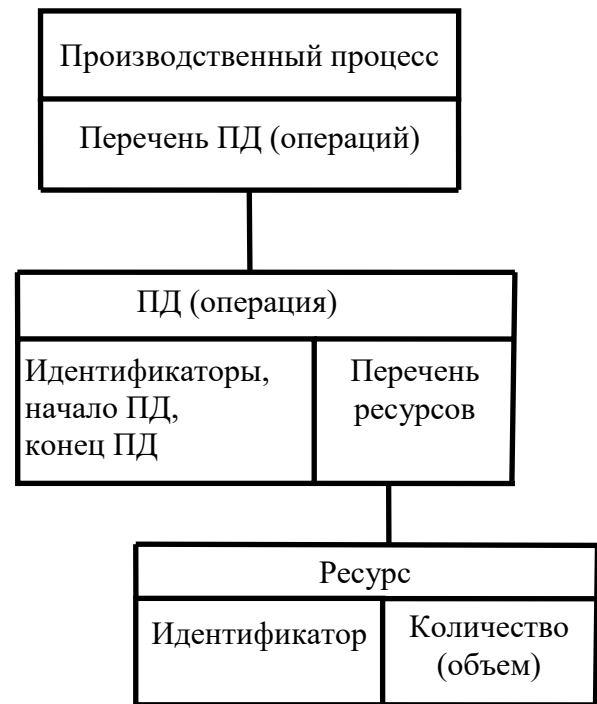


Рис. 3. Информационная модель производственного действия-операции

- во второй строке показано возможность изменения количества РЦ. 1 – одно РЦ, 1+ – более одного РЦ;
- в третьей строке показано возможность изменения количества видов Р1. 1 – один вид, 1+ – более одного вида;
- в четвертой строке показано возможность изменения количества операций, составляющих ТИ. 1 – одна операция, 1+ – более одной.

Описания МПС, приведенные в таблице, учитывают фактор Р1 (ресурс как предмет) и не учитывают фактор Р2 (ресурс как процесс).

Группа МПС, которые описаны в таблице обозначаются в пределах этой работы номером 1 (16 МПС). Группа МПС, которая может быть получена из группы 1 заменой Р1 на Р2 обозначается номером 2 (16 МПС). Группа МПС, которая включает Р1 и Р2 обозначается номером 3 (32 МПС).

Различие в управлении между группой 1 и группой 2 в способе учета Р1 и Р2. Тип ресурса Р1 учитывается как предмет – количество в соответствующих единицах, а тип ресурса Р2 учитывается как процесс – время использования.

Таблица. Описания видов МПС

		Номера описаний МПС															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9(В)	10	11	12	13(Г)	14	15(Д)	16(Е)
1	ТП (1,1+)	1	1	1	1	1	1	1	1	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+
2	РЦ (1,1+)	1	1	1	1	1+	1+	1+	1+	1	1	1	1	1+	1+	1+	1+
3	Р1 (1,1+)	1	1	1+	1+	1	1	1+	1+	1	1	1+	1+	1	1	1+	1+
4	ТИ (1,1+)	1	1+	1	1+	1	1+	1	1+	1	1+	1	1+	1	1+	1	1+

По аналогии с группами 1–3 существуют группы описаний МПС с номерами 4–6. Эти группы описывают МПС, производящие ТУ. А именно.

Группа 4. Группа подобная группе 1, но производящая ТУ вместо ТП. Тип ресурса Р1. (16 МПС).

Группа 5. Группа подобная группе 2, но производящая ТУ вместо ТП. Тип ресурса Р2. (16 МПС)

Группа 6. Группа подобная группе 3, но производящая ТУ вместо ТП. Тип ресурса Р1 и Р2. (32 МПС).

Группы 1–6 включают 128 МПС. Группы 1, 2, 4 и 5 описывают МПС содержащие минимально необходимый набор атрибутов. Это производимый товар (ТП или ТУ), ресурс (Р1 или Р2), РЦ⁶ (хотя бы один) и ТИ (хотя бы одна операция). Если в МПС отсутствует хотя бы один из перечисленных атрибутов, то МПС не может функционировать. Группа 3 отличается от групп 1 и 2 тем, что МПС содержит на один атрибут больше – Р1 или Р2, то есть, используются атрибуты Р1 и Р2 одновременно. Соответственно, группа 6 отличается от групп 4 и 5 по той же причине. Добавление атрибутов можно понимать также как синтез более сложных МПС. С точки зрения СУ синтез МПС проявляется в увеличении типов команд⁷ и сигналов обратной связи, в алгоритме ОМ, в структуре сведений (информации) о ПП.

⁶ РЛ, как необходимый атрибут СУ, тоже учитывается, но не рассматривается детально. В отношении РЛ важно только то, что он не является изменяющимся фактором, а только присутствует.

⁷ Количество команд и количество типов команд никак не соотносятся между собой.

Дальнейшее усложнение МПС (синтез МПС) по сравнению с группами 1–6 происходит из-за того, что МПС может производить ТП и ТУ одновременно. Список групп, содержащие подобные описания приведен далее.

Группа 7 – это производимый товар (ТП и ТУ), ресурс (Р1), РЦ (хотя бы один) и ТИ (хотя бы одна операция). Группа состоит из 32 МПС.

Группа 8 – это производимый товар (ТП и ТУ), ресурс (Р2), РЦ (хотя бы один) и ТИ (хотя бы одна операция). Группа состоит из 32 МПС.

Группа 9 – это производимый товар (ТП и ТУ), ресурс (Р1 и Р2), РЦ (хотя бы один) и ТИ (хотя бы одна операция). Группа состоит из 64 МПС.

Кластер из МПС (256 вариантов), содержащихся в группах 1–9, рассматривается как основной атрибут базовой МПС⁸ и, соответственно, основной атрибут базовой СУ производством.

Базовая СУ кроме набора МПС содержит такие атрибуты как “планирование” и “стоимостный учет”.

Планирование

Планирование в реальном производстве имеет много аспектов и с точки

⁸ Идеальная ситуация, когда результат обобщения исследуемых явлений в какой-либо сфере исследований есть индуктивно выведенная некая обобщающая формула, используя которую можно было бы получить конкретную реализацию исследуемого явления. Обобщение кластера МПС можно представить в виде класса (в смысле объектно-ориентированного программирования), который мог бы сгенерировать конкретную реализацию двухуровневой автоматизированной системы управления производством.

зрения горизонтов планирования, и с точки зрения направлений анализа. Но в этой работе планирование рассматривается только с точки зрения формирования ПП на уровне ПД. План ПП – это результат функционирования ОМ. План может быть использован для распределения ПД между РЦ сразу же после составления. То есть, без плана не начинался (или не продолжался) ПП. Но план может быть составлен предварительно, в то время как ПП протекает в соответствии с другим планом, составленным ранее.

Для составления плана необходимо выполнить расчет в соответствии с ОМ. Этот расчет может быть выполнен РЛ. В СУ может быть лицо или подразделение, которое выполняет функцию планирования. В практике небольших рабочих подразделений это может быть РЛ – бригадир, мастер. В масштабах цеха – диспетчер, мастер, кто-то из руководителей и т. п. В масштабах завода, предприятия – производственно-диспетчерский отдел.

Исходные данные для составления плана есть заказ (или перечень заказов), ТИ, состав РЦ в ПС и наличие ресурсов.

Команды от РЛ к РЦ поступают в соответствии с планом. Сигналы о выполнении ПД отмечаются в плане.

Горизонт планирования может быть смена, сутки, неделя и т. п. Но возможны ситуации, когда план составляется заново каждый раз по мере поступления очередного заказа.

От РЦ к РЛ могут поступать сигналы не только о том, что сделано, но и о не выполненном в срок ПД или о частичном (в соответствующих единицах измерения) его выполнении. План в таких случаях пересчитывается. Пересчет выполняется либо сразу после невыполнения (или частичного выполнения), либо на следующий горизонт планирования (смена, сутки и т. п.). В таких случаях алгоритм ОМ должен учитывать объем фактического выполнения предыдущего плана.

На основе составленного плана ПП могут быть составлены планы для подготовки и использования ресурсов.

Стоимостный учет

Ключевое, главное, принципиальное фундаментальное предназначение АСУП – сокращение издержек всех видов ресурсов, используемых в ПП. Так как все средства используемые в процессе производства, ТР и ПД имеют свою стоимость, то одним из факторов эффективной управляемости ПС – это актуальность стоимостных показателей и возможность их быстрого и надежного использования. Важно, чтобы стоимостные показатели формировались одновременно с формированием (преобразованием или расходом) объектов их порождающих. То есть, надо чтобы вместе с установкой и запуском оборудования формировалась стоимость его использования. Необходимо чтобы одновременно с количествами или объемами поступающих в ПС покупных материалов, комплектующих и т. п. формировалась и сохранялась в актуальном состоянии их реальная стоимость. В результате выполнения ПД должны быть сформированы стоимостные показатели издержек на это ПД – оплата человеческого труда, стоимость ресурсов (электроэнергия, газ, вода и т. п.), износ оборудования. Также важно чтобы вместе с завершением ПД была сформирована интегрированная стоимость произведенного ТР или его части – его себестоимость.

Показатели на основе которых определяется себестоимость производимой на предприятии продукции прямо или опосредовано входят в расчеты практически всех экономических показателей, имеющих отношение к его рациональной деятельности, – производительности труда, рентабельности, использования основных средств, использования оборотных средств. Актуальная стоимостная картина ПП, которая генерируется по мере протекания ПП, является базой для формирования полной экономической картины деятельности ПС.

Деление иерархической системы управления на компоненты

Вполне естественным намерением к анализу и исследованию СУ предприятия применить традиционную двухуровневую модель управления. Но формальный подход, существующий в настоящее время, приводит к тому, что в статусе субъекта управления рассматривается вся иерархическая система управляющих подразделений на предприятии, расположенная над рабочими местами в цехах или других подразделениях предприятия (традиционное видение субъекта управления – ТВСУ). Подобное видение показано на рис. 4, а. Совокупность рабочих мест на предприятии рассматривается как объект управления (традиционное видение объекта управления – ТВОУ). Естественно, что СУ с точки зрения ТВСУ является весьма сложной конструкцией. Кроме того, на каждом предприятии, как СУ с точки зрения ТВСУ, так и совокупность РЦ как единый совокупный объект управления, будут уникальными. С методической точки зрения количество систем управления равно количеству существующих предприятий, между которыми отсутствует какое-либо подобие. Из-за этого поле исследований ПС оказывается необозримым, а любые работы по классификации и типизации СУ весьма сложные. Следовательно, при традиционном видении ПС не может идти речь о построении гармоничных и сбалансированных СУ и, соответственно, эффективных АСУП.

Автором предлагается видение СУ ПС как суперпозиции⁹ двухуровневых СУ (суперпозиция МПС). Исходная ПС всего предприятия обозначается как ПС нулевого уровня. Соответственно, СУ, составляющие ее РЛ и РЦ, которых может быть более одного, тоже обозначаются как СУ, РЛ и РЦ нулевого уровня.

РЦ может быть ПС и обладать собственной СУ. РЦ нулевого уровня может иметь атрибуты ПС. В этом случае компоненты РЦ нулевого уровня – ПС, СУ, РЛ и

РЦ обозначаются объектами первого уровня. Взаимодействие между СУ нулевого и СУ первого уровня происходит по следующей схеме:

- РЛ нулевого уровня передает команду РЛ первого уровня;
- РЛ первого уровня детализирует (с использованием ОМ или нет) и передает команды РЦ первого уровня;
- После выполнения соответствующих ПД, РЦ первого уровня передают сообщения о выполнении РЛ первого уровня;
- РЛ интегрирует (или нет) эти сообщения и затем передает их РЛ нулевого уровня.

РЛ первого уровня организует ПП в пределах своей компетенции и своих возможностей. ОМ, МА и управление рабочими центрами СУ первого уровня лежит вне компетенции РЛ нулевого уровня. Такая схема взаимодействия позволяет разделить функции РЛ различных уровней.

Исходная ПС (исходная СУ), представленная комбинацией МПС (двухуровневых СУ), называется ПС с суперпозицией (СУ с суперпозицией). Если РЦ исходной ПС не являются МПС, то исходная ПС имеет суперпозицию нулевой степени. Если хотя бы один РЦ нулевого уровня является МПС с собственной СУ, то исходная ПС имеет суперпозицию первой степени. Аналогично, если хотя бы один РЦ первого уровня является МПС с собственной СУ, то исходная ПС имеет суперпозицию второй степени. Реальные промышленные предприятия могут иметь ПС с суперпозицией произвольной степени.

ПС, имеющую суперпозицию со степенью выше нулевой, можно представить расчлененным¹⁰ по вершинам деревом – деревом ПС (ДПС). ДПС показана на рис. 4, б. Отличие ДПС от дерева ТВСУ в том, что все его вершины однообразны или однородны. Каждая неконечная вершина ДПС представляет двухуровневую СУ со своим ПП. Каждую такую неконечную вершину можно рассматривать как клетку,

⁹ Понятие “суперпозиция” используется в понимании суперпозиции математических функций, в понимании сложной функции.

¹⁰ Дерево расчленено только с целью большей наглядности идеи суперпозиции.

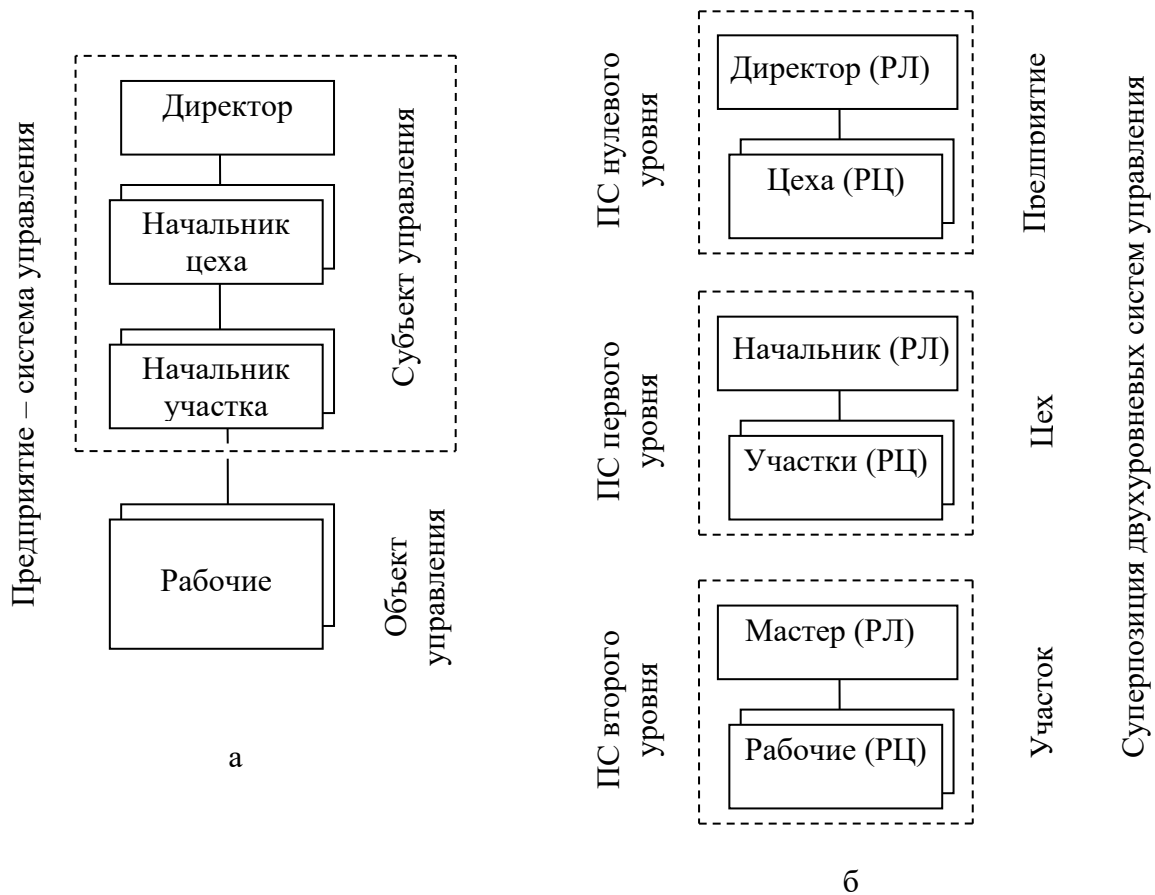


Рис. 4. Сравнение моделей систем управления предприятием: а – традиционная модель; б – модель, предлагаемая в работе

с помощью которой строится ДПС. С помощью ДПС может быть представлена структура любого предприятия¹¹.

СУ имеющая суперпозицию со степенью выше нулевой порождает необходимость исследовать и формализовать интерфейс между СУ разных степеней суперпозиции.

Подобный подход порождает лингвистическую проблему. Необходимо строить систему названий для обобщенных понятий. То есть, команды, которые передаются от РЛ нулевого уровня к РЛ первого уровня должны быть сформулированы в обобщенных понятиях. Обусловлено это

спецификой и ограниченностью человеческого восприятия и человеческого мышления. В обобщенных понятиях необходимо формулировать план работ, названия ресурсов, названия РЦ не самого нижнего уровня, технологию.

Речь идет об абстракциях разной степени используемых в СУ с суперпозицией выше нулевой степени. Такие абстракции и обобщенные понятия есть в реальном производстве, но там они рождаются бессистемно. Например, “кузнечное производство”, “механообработка”, “сборка”, “гальваника” – обозначения цехов или производств промышленного предприятия, что с точки зрения базовой СУ, есть РЦ. Но для формализованного ПП из команд в обобщенных понятиях должна быть возможность выводить планы работ для РЦ самого нижнего уровня в иерархии СУ по четкому алгоритму.

¹¹ В промышленных предприятиях и корпорациях могут происходить дробление или укрупнение подразделений, делегирование полномочий или просто искажение цепей команд и отчетов. Реальные ПС построены именно по такой схеме – СУ с суперпозицией произвольного уровня. Но ТВСУ и ТВОУ такие как описано выше.

Полифункциональность информации о производственном действии

Натуральные данные о протекании ПД – это первичные показатели на предприятии. Как упоминалось выше ПД и его компоненты порождают информацию, которая есть исходной информацией для вычисления многих показателей. Иными словами, ПД является компонентой или элементом множества систем, существующих в ПС. Все показатели, что формируются на основе первичных, – относительные, стоимостные, различные обобщающие, – вторичные.

ПД является частью ПП различных СУ с различными степенями суперпозиции (и соответствующих РЦ). Соответственно, информация о ПД должна включать то, к какому уровню СУ относится ПД. Также информация должна иметь информацию, указывающую на то, какая использована технология, принадлежность к заказу. С ПД соотносятся используемые ресурсы и оборудование, также специалисты, выполнявшие ПД. Используемые ресурсы, оборудование и специалисты могут быть объектами обычного бухгалтерского и статистического учета. Набор вторичных показателей на каждом предприятии варьируется.

Данные о ПД фиксируются непосредственно после их формирования. Если для учета информации используется компьютер, то данные вводятся в компьютер в режиме онлайн. Далее есть два варианта обработки и формирования вторичных показателей. Первый вариант – формирование показателей и сводок вторичных показателей в пакетном режиме или по запросу. Второй вариант – включение информации в базу данных в режиме онлайн. Первичные сведения о ПД не просто вводятся в основные массивы данных, но одновременно организуются в виде сетевых информационных структур, ориентированных на формирование вторичных сведений.

Базовая АСУП

Выше описана концептуальная модель системы управления производством. Ее атрибуты – это базовая СУ с кластером МПС, ДПС, функция планирования, функция стоимостного учета и идея полифункциональности информации.

В методическом плане только после того, как построена концептуальная модель СУ можно начинать работы по автоматизации управления предприятием. ДПС является основой¹² для построения каркаса АСУП всего предприятия в целом. На основе каждой неконечной вершины ДПС проектируется информационная модель и программное обеспечение соответствующего подразделения. Интерфейс между задачами или комплексами, различных подразделений¹³ должны быть согласованы между собой в рамках ДПС.

Объекты автоматизации – это компоненты базовой СУ – команды (или набор команд) поступающие от РЛ к РЦ (их форма и содержание); сведения, поступающие от РЦ к РЛ (их форма и содержание); ОМ и МА. Перечисленные компоненты – это ядро (каркас или фрейм) программного обеспечения, которое реализует неконечную вершину ДПС. При этом интерфейс между компьютером и персоналом, который работает в среде ПС, есть специализированный, настраиваемый на специфику подразделения. Интерфейс может быть уточнен и дополнен для каждого подразделения в структуре ПС. Ядром также является информационная модель, построенная в рамках базовой СУ.

¹² С начала проектирования и по настоящее время, как правило, разработка задач АСУ начинается с вопроса к представителям предприятия: “Что вам надо?”. Видение базовой СУ позволяет подходить к работникам предприятия с диалогом другого содержания. А именно: “Технология, применяемая на вашем предприятии, должна иметь вот такую систему управления. Давайте ее уточним более детально”.

¹³ Может оказаться, что в процессе описания и проектирования ДПС, понадобится реорганизовать структуру предприятия. Причиной этого может быть технология производства и организация ПП.

Дополнительные факторы разнообразия СУ

Предложенная выше базовая модель СУ в концептуальном плане весьма близка к реальной СУ¹⁴. Тем не менее, существует множество факторов, которые усложняют реальные СУ. Объективные факторы такие:

- наличие брака в производстве, нарушение сроков изготовления, невыполнение плана;
- непланируемый дефицит ресурсов – специалистов, оборудования, комплектующих, материалов и прочих ресурсы, что причиняет незапланированные простои или очереди к оборудованию;
- оптимизация использования ресурсов, что реализуется, например, в обработке деталей партиями;
- разнообразие типов производства – единичное, серийное, массовое;
- способ контроля продукции.

В качестве субъективных причин рассматриваются различные упрощения в управлении, обусловленные человеческим фактором. Упрощенная форма документов или сообщений о ходе выполнения ПП. Управляющие команды или отчеты о выполнении могут упускаться в процессе управления и только подразумеваться. Например, РЦ посылает сообщение РЛ не о выполнении очередного ПД, а только о том, что возник вынужденный простой.

Абсолютно универсальной СУ производством не может быть объективно. Можно только постепенно приближаться к некоторому уровню универсальности.

Дополнительные замечания

Конечная задача в том направлении, что описано выше, – это возможность генерации АСУП во всех компонентах: организационном, операционном и информационном. Исходными данными для генерации (заказ на генерацию) – это описание ДПС предприятия. Этот заказ содержит описание самого ДСП и описа-

ния каждой неконечной вершины. Заказ является декларативным – набор параметров и опций.

В работе проиллюстрирован дедуктивный вывод концептуальной модели СУ производством из набора общих положений. Но только дедуктивный вывод для массива реально существующих СУ не может быть продуктивным. С другой стороны, сбор и обобщение фактического материала без концептуальной модели СУ практически невозможен из-за огромных объемов неупорядоченного фактического материала. Концептуальная модель СУ производством позволяет определить второстепенные, с точки зрения автоматизации, факторы и пренебречь ими. Или, по крайней мере учесть их на последующих этапах исследования. Результаты первоначального дедуктивного вывода должны сопровождаться постоянным сравнением фактических схем управления конкретных предприятий с последующей корректировкой концептуальной модели СУ производством, если в этом будет необходимость. То есть, в построении и применении концептуальной модели СУ производством предлагается симбиоз дедуктивного и индуктивного подхода.

В процессе исследования необходимо искать общие принципы в структуре СУ. Основной причиной разнообразия СУ является ОМ, так как исходными данными для его построения – ТИ и состав РЦ.

Выводы

Описана концептуальная модель системы управления производством. Ее атрибутами является базовая СУ с кластером МПС, ДПС, функция планирования, функция стоимостного учета и идея полифункциональности информации о ПД. Предложена идея МПС, атрибутами которой является, структура МПС, порядок движения управляющих сигналов, организационный механизм и механизм агрегирования информации. Предложен способ представления многоуровневой СУ предприятия как суперпозиции двухуровневых СУ.

¹⁴ Базовая модель СУ применялась при разработке цеховой АСУ [8].

Описанная выше концептуальная модель системы управления рассматривается как основа для проектирования подсистем АСУП. МПС – это основа АСУ для подразделения, имеющего простейшую двухуровневую систему управления. Базовая СУ – это каркас или фрейм автоматизированной системы управления предприятия.

Идеи МПС и суперпозиции СУ создают предпосылки для дальнейшей классификации и типизации систем управления производством, для последовательного и планомерного исследования этих систем. Объектами наиболее пристального исследования среди атрибутов МПС – это организационный механизм и механизм агрегирования информации. Классификация и типизация систем управления производством, в свою очередь, – необходимое условие для обобщения и построения универсальной (или квазиуниверсальной) концептуальной модели системы управления производством.

1. Leon Alexis. Enterprise Resource Planning. 2nd. New Dehli: McGraw-Hill, 2008. С. 224. – 500 с.
2. Leary Daniel L. Enterprise resource planning systems. Cambridge University Press, 2000. 232 с.
3. Обзор ERP системы: SAP R3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iteranet.ru/it-novosti/2013/12/26/obzor-erp-sistemy-sap-r3/>
4. ERP и управление возможностями бизнеса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bourabai.kz/is/erp.htm>
5. Новиков Д.А. Методология управления. [Текст]. М.: Либроком, 2011. 128 с.
6. Немчинов В.С. Экономическая информация. Избр. Произведения. Планирование и народнохозяйственные балансы. М.: Наука, 1968. Т.5. 532 с.
7. Колесник В.Г. DS-теория как прототип теории прикладных алгоритмов. *Проблеми програмування*. 2012. № 1. С. 17–33.
8. Колесник В.Г. Семченко В.А. Концептуальное проектирование сети ЭВМ для цеховой АСУ. Донецк: ИЭП АН УССР, 1989. 16 с.

References

1. Leon Alexis. Enterprise Resource Planning. 2nd. New Dehli: McGraw-Hill, 2008. P. 224. 500 p.
2. O 'Leary, Daniel L. Enterprise resource planning systems. Cambridge University Press, 2000. 232 p.
3. Overview of ERP systems: SAP R3. [Electronic resource] Mode access: <http://iteranet.ru/it-novosti/2013/12/26/obzor-erp-sistemy-sap-r3/>
4. ERP and management of business capabilities. [Electronic resource]. Mode access: <http://bourabai.kz/is/erp.htm>
5. Novikov D. Control Methodology. M.: LIBROKOM, 2011. 128 p.
6. Nemchinov V.S. Economics information. Selected Works Planning and national accounts. M.: Nauka, 1968. Vol. 5. 532 p. (In Russian).
7. Kolesnyk V.G. DS-theory as a prototype of the theory of applied algorithms // *Problems in programming*. 2012. № 1. P. 17–33. (In Russian).
8. Kolesnyk V.G., Semchenko V.A. Conceptual design of a computer network for MIS of workshop. Donetsk: IEP NAN Ukrainy, 1989. 16 p. (In Russian).

Получено 15.12.2016

Об авторе:

Колесник Валерий Георгиевич, старший научный сотрудник кафедры АПП.

Количество научных публикаций в украинских изданиях – 26.

<http://orcid.org/0000-0002-2313-9852>.

Место работы автора:

Донбасская государственная машиностроительная академия.
г. Краматорск, ул. Академическая, 72,
п/я 13.