

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А. П. Власов, С. П. Бобков, Б. Я. Солон

Ивановский государственный химико-технологический университет

Поступила в редакцию 05.06.2013 г.

Аннотация. Предложена теоретико-множественная модель подсистемы «основное производство». Проведено исследование проблемы согласованности модулей подсистемы и формирования информации по отклонениям.

Ключевые слова: основное производство, теоретико-множественная модель, согласованность модулей, информационное взаимодействие, UML.

Annotation. We propose a set-theoretic model of the subsystem “primary production”. A study of closed loop control problems and generating information on deviations.

Keywords: primary production, the set-theoretic model, the consistency of the modules, communication, UML.

Проблемы моделирования автоматизированных информационных систем (АИС) были обозначены еще Глушковым В.М., в частности были разработаны такие средства как язык документирования и Р-технология. Средства моделирования позволяют выявлять структуру и описания взаимодействия информационных процессов производственной организации. Эта модель должна определить взаимодействие информационных потоков в системе управления и показать основные элементы необходимые для управления информационным пространством предприятия. В настоящий момент при моделировании (АИС) широко используется язык UML (Unified Modeling Language-унифицированный язык моделирования) [1].

В [2, 5] намечены пути исследования автоматизированных информационных систем (АИС) и выделены основные подсистемы АИС. В данной статье рассматриваются вопросы согласованности модулей подсистемы «основное производство» (ОП) и формирования информации по отклонениям.

Подходы к построению подсистемы ОП определены международным стандартом ИСО [3]. ОП является довольно специфической подсистемой в отличие от таких подсистем, как «финансы», «материально-техническое снабжение», «управление персоналом», которые хорошо

формализованы и типизированы. О специфичности подсистемы ОП говорит такой факт, что во многих типовых проектных решениях (ТПР) термин ОП отсутствуют, а используется несколько упрощенный термин «планирование производства». В [6] отмечается важность человеческого фактора для подобных систем, в частности отмечается, что «эффективность функционирования таких систем зависит от успешной деятельности человека».

Как правило, заказчиком подсистемы ОП является служба директора предприятия по производству (планово-диспетчерские отделы, планово-распорядительные бюро и др.) и линейные руководители (начальники цехов, участков, мастера, бригадиры и т.п.). Основной функцией подсистемы ОП является непосредственное управление производством товарной продукцией предприятия (в отличие от подсистемы вспомогательного производства, которая занимается управлением производством вспомогательных материалов, инструмента и приспособлений, ремонтом оборудования и т.п.).

Функция управления заключается в следующем:

- составление календарных планов для цехов, участков, рабочих центров (в случае необходимости и для каждого рабочего);
- проведение оперативного учета выполнения календарных планов вышеуказанными структурными единицами;

– проведение анализа (сопоставление плановых и учетных данных) и выявление причин отклонений;

– реализация корректирующих воздействий.

Вышеприведенные функции соответствуют системе с обратной связью, которая (как известно из теории автоматического управления) является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

Информационной основой для подсистемы ОП являются следующие структуры:

– технология, в которой содержится сведения о последовательности технологических операций, о продолжительности операций, о нормах расхода материалов, о необходимой специальности рабочих и их квалификации, о необходимом оборудовании. Поступает из подсистемы «техническая подготовка производства» (ТПП);

– товарный план, в котором содержатся сведения о заключенных контрактах на поставку товарной продукции. Поступает из подсистемы «маркетинг»;

– наличие необходимого сырья и материалов на складах предприятия. Поступает из подсистемы «материально-техническое снабжение» (МТС);

– наличие исправного технологического оборудования. Поступает из подсистемы «вспомогательное производство» (ВП);

– наличие подготовленного персонала рабочих. Поступает из подсистемы «управление персоналом» (УП).

Схема информационного взаимодействия показана на рисунке 1 (создана средствами UML). Причем необходимо отметить, что информационные связи двухсторонние.

В многочисленных типовых проектных решениях (ТПР), которые получили название MRP-II-Manufacturing Resource Planning (дословный перевод – «Планирование производственных ресурсов») и ERP-Enterprise Resource Planning (дословный перевод – «Планирование ресурсов предприятия»), предназначенных для использования при создании и модернизации АИС химических предприятий [2], содержится много самых разнообразных подходов к формированию календарных планов производства, но, к сожалению, в некоторых ТПР слабо проработаны следующие вопросы:

– проведение анализа (сопоставление плановых и учетных данных);

– реализация корректирующих воздействий.

Т.е. контур управления в таких ТПР не замкнут, что не позволяет реализовать основной

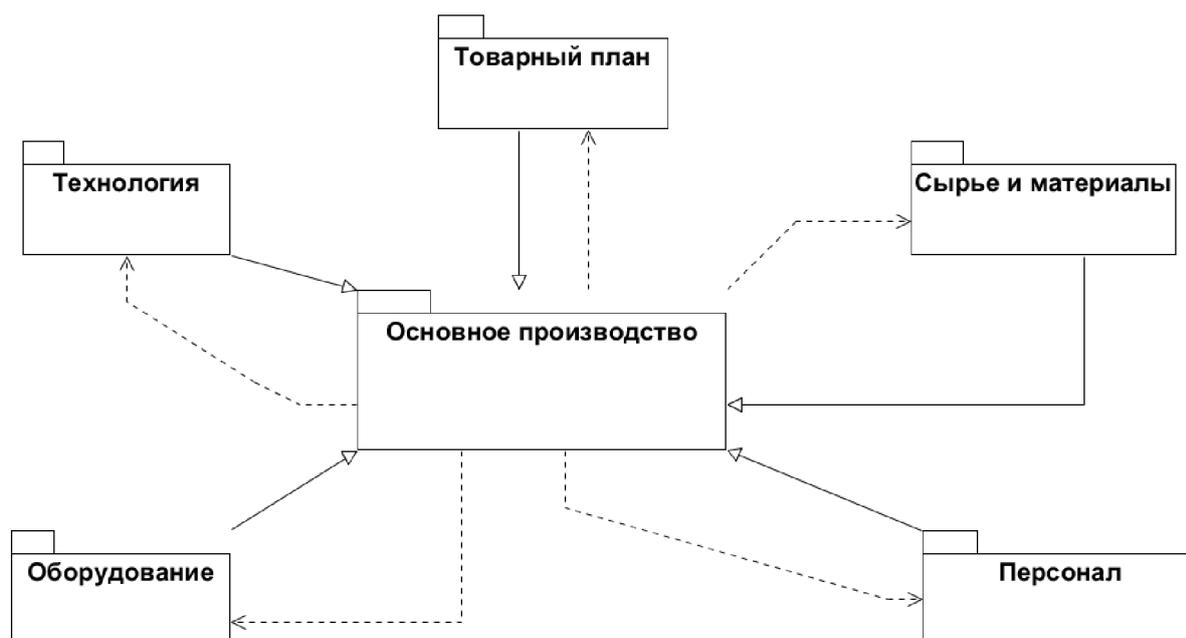


Рис. 1. Схема информационного взаимодействия

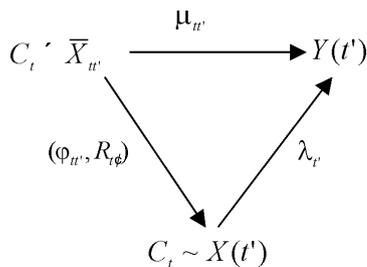
принцип теории автоматического управления – саморегулирование.

Указанные недоработки объясняются объективными и субъективными причинами. Из названия МРП и ERP видно, что присутствует термин «планирование», но такая важная фаза управления как «учет» в названии не фигурирует. Для полноценной реализации учета необходимо на предприятии достаточное количество периферийной техники (вплоть до каждого рабочего места), что, к сожалению, не всегда имеет место. Фазы «анализ» и «регулирование» являются довольно сложными и трудно формализуемыми, а в ряде случаев эти фазы вообще нецелесообразно автоматизировать.

В [2] было отмечено, что использование теоретико-множественного анализа [4] для исследования слабо формализованных систем, является довольно плодотворным.

В [4] предлагается следующий подход к каноническому представлению динамической системы.

Пусть для системы S заданно семейство производящих функций выхода $\bar{\mu} = \{\mu_{tt'} : t, t' \in T\}$. Пару $(\bar{\varphi}, \bar{\lambda})$, где $\bar{\varphi}$ – семейство функций перехода состояния, а $\bar{\lambda}$ – семейство выходных функций, мы будем называть каноническим (динамическим) представлением системы S тогда и только тогда, когда для любых $t, t' \in T$ диаграмма



коммутативна, т.е. $(\varphi_{tt'}, R_{t'}) (c_t, x_{tt'}) = (\varphi_{tt'}(c_t, x_{tt'}), \bar{x}_{tt'}(t'))$.

где:

$\bar{\rho}$ – семейство всех реакций системы;

ρ_t – реакция системы в момент t ;

C_t и $C_{t'}$ – множества состояний системы в моменты времени t (начало планового периода) и t' (окончание планового периода);

X_t – множество входных сообщений в момент времени t ;

Y_t – множество выходных сообщений в момент времени t ;

T – данный промежуток времени;

$\bar{\varphi}$ – семейство функций перехода состояний;

$\varphi_{tt'}$ – функция, характеризующая переход системы из состояния C_t в состояние $C_{t'}$;

μ – функция, характеризующая семейство выхода.

Множество X в данной модели включает в себя всевозможные сообщения, поступающие в подсистему ОП от функциональных подразделений (технология, товарный план и др.). Множество S содержит сведения о состоянии процесса производства продукции (сменно-суточные задания с оперативными отметками о выполнении, состояние оборудования, наличие необходимых сырья и материалов на цехов складах и др.). Множество Y включает в себя всевозможные отчеты о ходе производства (отчет о выполнении товарного плана, отчет о поломках оборудования и др.)

Функции $\bar{\varphi}$ и $\bar{\mu}$ наиболее наглядно позволяют представить поведение системы в среднесрочном (тактическом) и в долгосрочном (стратегическом) плане.

Функция $\bar{\rho}$ позволяет представить поведение системы, в оперативном режиме, например, при управлении ежесуточными заданиями.

Существование канонического представления по сути дела означает возможность провести декомпозицию системы на подсистемы. Первая из этих подсистем, обозначенная через $\varphi_{tt'}$, полностью отражает динамику доведения системы, в то время как две остальные подсистемы, $\lambda_{t'}$ и $R_{t'}$, являются статическими и определяют лишь, как текущее состояние системы и текущее значение ее входного воздействия преобразуются в значение выходной величины. Первая из этих подсистем определяется исключительно в терминах φ , и поэтому динамика системы вполне отражается семейством функций. Если исследователя интересует одна лишь динамика системы, то можно все свое внимание сосредоточить лишь на семействе φ . Рассматриваемая система может быть декомпозирована, как показано на рисунке 2.

Предложенная теоретико-множественная модель позволяет выявить те модули подсистемы ОП, для которых возможно и целесообразно автоматизировать все четыре фазы управления (планирование, учет, анализ, регулирование) и наоборот, определить те модули, в которых полная автоматизация не целесообразна. На основании теоретико-множественной модели про-



Рис. 2. Декомпозиция системы

ведена дальнейшая детализация модели с использованием языка UML. Построен модуль АИС, реализованный в среде MS Access. Схема данных см. рисунок 3.

Не менее важным для моделирования подсистемы ОП является вопрос формирования информации «по отклонениям».

«Информация по отклонениям» – данное словосочетание нуждается в дополнительных комментариях. Специфика промышленного производства (любого производства и химического в частности) такова, что наблюдается повторяемость выпуска одного и того же продукта в разные периоды времени. В зависимости от типа производства серийность может быть крупной, средняя, мелкая, реже – единичная. Вследствие чего, и плановая, и учетная информация содержит множество однотипных, повторяющихся записей. Очевидно, что руководителям нижнего уровня (бригадирам, масте-

рам и др.) нужна для управления детальная информация. Руководителям среднего уровня (начальники цехов, производства и др.) для проведения анализа и выработки стратегических решений необходима агрегированная информация, но в которой обязательно должны присутствовать все отклонения (или т.н. «выбросы») от средних значений. Руководству смежных функциональных подразделений (службы главного технолога, подразделения маркетинга, отдела снабжения, службы главного механика, службы управления персоналом) также нужна агрегированная информация, но несколько другого вида, чем начальникам цехов и начальнику производства. И, наконец, руководству высшего уровня нужна также агрегированная информация, но отличная от вышеперечисленных.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод, что модуль генерации информации по



Рис. 3. Схема данных

отклонениям является слабо формализованной, разнородной и не структурированной системой. Этот модуль в ряде ТПР вообще отсутствует [1].

В [4] предлагается следующий подход к формированию информации по отклонениям.

Пусть ρ — семейство реакций системы S , а $\bar{C} = \{C_t : t \in T\}$ — соответствующее семейство использованных в нем объектов состояний. В C_t может быть больше состояний, чем требуется для согласованности реакций с системой S . Очевидный способ устранения некоторых из таких избыточных состояний состоит в том, чтобы считать два состояния c_t и \hat{c}_t одинаковыми всякий раз, когда одинаковым оказывается будущее поведение системы с начальными состояниями c_t и \hat{c}_t . Точнее говоря, определим отношение $E_t \subset C_t \times C_t$ с помощью условия (1)

$$(c_t, \hat{c}_t) \in E_t \Leftrightarrow (\forall x_t)[\rho_t(c_t, x_t) = \rho_t(\hat{c}_t, x_t)], \quad (1)$$

где C_t и $C_{t'}$ — множества состояний системы в моменты времени t (начало планового периода) и t' (окончание планового периода); E_t — отношение эквивалентности; X_t — множество входных сообщений в момент времени t ; ρ_t — реакция системы в момент t ; \forall — квантор всеобщности, означает «для любых...»; \exists — квантор существования, означает «существует хотя бы один...».

Множество X в данной модели включает в себя всевозможные сообщения, поступающие в подсистему ОП от функциональных подразделений (технология, товарный план и др.). Множество S содержит сведения о состоянии

процесса производства продукции (сменно-суточные задания с оперативными отметками о выполнении, состояние оборудования, наличие необходимых сырья и материалов на цехов складах и др.). Множество Y включает в себя всевозможные отчеты о ходе производства (отчет о выполнении товарного плана, отчет о поломках оборудования и др.)

Функция $\bar{\rho}$ позволяет представить поведение системы, в оперативном режиме, например, при управлении ежесуточными заданиями.

Очевидно, что E_t есть отношение эквивалентности. Поэтому, начиная с произвольного C_t , мы можем перейти к приведенному объекту состояний $\hat{C}_t = C_t / E_t$, элементами которого будут служить классы эквивалентности. Приведенным мы будем называть и соответствующее семейство реакции $\bar{\rho} = \{\hat{\rho}_t : \hat{C}_t \times X_t \rightarrow Y_t\}$, такое, что выполняется условие (2)

$$\hat{\rho}([c_t], x_t) = y_t \Leftrightarrow \rho_t(c_t, x_t) = y_t, \quad (2)$$

где Y_t — множество выходных сообщений в момент времени t ;

Предложенная теоретико-множественная модель позволяет выявить те модули подсистемы ОП, для которых возможно и целесообразно автоматизировать агрегирование информации. На основании математической модели построен модуль АИС., реализованный с использованием языка UML и MS Access. На рисунке 4 показан фрагмент исходных данных (значение полей носят условный характер). В представленном фрагменте содержится неупорядоченная информация по различным химико-технологическим процессам. На рисунках 5 и 6 показаны

ХТП	Месяц	Выполн_объем
ХТП-1	02-февраль	12
ХТП-3	01-январь	18
ХТП-2	03-март	8
ХТП-4	01-январь	14
ХТП-2	01-январь	10
ХТП-1	01-январь	2
ХТП-3	03-март	1
*		0

Рис. 4. Исходная (не агрегированная информация)

ХТП	Итоговое значение	01-январь	02-февраль	03-март
ХТП-1	14	2	12	
ХТП-2	18	10		8
ХТП-3	19	18		1
ХТП-4	14	14		

Рис. 5. Итоговая информация

ХТП	Итоговое значение	01-январь	02-февраль	03-март
ХТП-1	7,07106781186548	2	12	
ХТП-2	1,4142135623731	10		8
ХТП-3	12,0208152801713	18		1
ХТП-4		14		

Рис. 6. Дисперсия по различным ХТП

результаты агрегирования. На рисунке 5 показаны итоговая информация по выполненным объемам производства. На рисунке 6 показана дисперсия объемов.

Вывод. Предложенная теоретико-множественная модель позволяет выявить те информационные структуры, для которых возможно и целесообразно формировать отчеты агрегированной информации по отклонениям для руководителей среднего и высшего уровня химических предприятий. Построенная модель может послужить теоретической базой для создания АИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков Ф.А. Моделирование на UML. Теория, практика, Видеокурс / Ф.А. Новиков, Д.Ю. Иванов; – СПб.: Профессиональная литература, Наука и Техника, 2010. – 640 с.
2. Власов А.П. Исследование типовых проектных решений, используемых при создании автоматизированных информационных систем, / А.П. Власов, С.П. Бобков, Б.Я. Солон // Проблемы экономики, финансов и управления производством, сб. научн. тр. ВУЗов России, 27 выпуск. – 2009. – С. 126–129.

3. ISO/TR10314-1-90 Industrial automation. Shop floor production. Part 1. Reference model for standardization a methodology for identification of requirements (ГОСТ Р 34.1501.1-92 Информационная технология. Промышленная автоматизация. Основное производство. Часть 1. Эталонная модель стандартизации и методология идентификации требований к стандартизации. – Введ. 1994–01–01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1994).

4. Mesarovich M.D., Yasuhico Takahara, General Systems Theory: Mathematical Foundations, Academic press, New York, San Francisco, London. 1975, p. 268.

5. Власов А.П. Исследование автоматизированных информационных система, используемых в химической промышленности / А.П. Власов, С.П. Бобков, С.М. Чаусова // Известия вузов «Химия и хим. технология». – 2011, Т. 54, №. 11 С. 126–128.

6. Новикова Н.М. Математическая модель работы человека-оператора как элемента интеллектуальной системы управления / Н.М. Новикова, С.Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного университета, серия: системный анализ и информационные технологии – 2010, № 1 – с. 142 – 147.

Власов Алексей Петрович – доцент кафедры ИТ, Ивановский государственный химико-технологический университет. Тел. 8-920-673-98-82. E-mail: vlasov-a-p@yandex.ru

Бобков Сергей Петрович – д.т.н., проф., зав. кафедрой ИТ, Ивановский государственный химико-технологический университет. Тел. (+7) 4932-32-74-15

Солон Борис Яковлевич – д. ф-м.н., проф., зав. кафедрой высшей математики, Ивановский государственный химико-технологический университет. Тел. (+7) 4932 53-66-79.

Vlasov Alexey P. – Associate Professor, Department of IT, Ivanovo State University of Chemical Technology. Tel. 8-920-673-98-82. E-mail: vlasov-a-p@yandex.ru

Bobkov Sergey P. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of IT, Ivanovo State University of Chemical Technology. Tel. (+7) 4932-32-74-15

Solon Boris Ya. – Doctor of Physics-math. Sciences, Professor, Head. Department Of Higher Mathematics, Ivanovo State University of Chemical Technology. Tel. (7) 4932 53-66-79.