

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Сергеев Антон Владимирович

Кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет», г. Самара

Настоящая работа является продолжением исследований автора и его коллег вопроса о возможности применения математического аппарата и методов классической теории автоматического управления (ТАУ) для анализа и синтеза систем управления производственными и бизнес-процессами предприятий. Конечную цель предпринятого исследования автор видит в разработке единой методологической платформы, как для построения отдельных функциональных блоков систем, так и автоматизированных систем управления предприятиями ERP-класса в целом, в том числе реализующих и оптимальные алгоритмы управления [2].

В работе [3] была предложена математическая модель автоматизированной системы управления складом в форме дискретной передаточной функции (рис. 1).

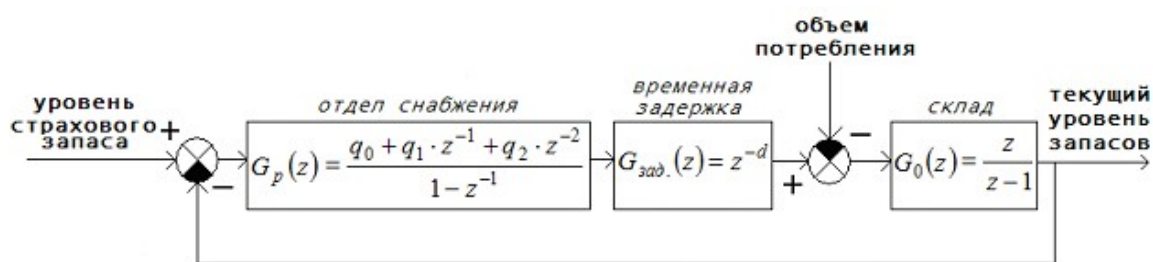


Рисунок 1. Структурно-функциональное представление модели управления запасами

В приведенной модели входным сигналом является заданный уровень так называемого «страхового запаса». Объектом управления является склад, который представлен в модели интегрирующим звеном. На входе объекта управления действует возмущающее воздействие – потребление сырья и

материалов со склада. Органом управления является структурное подразделение предприятия (например, отдел снабжения), отвечающее за обеспечение производственного процесса необходимыми материалами, или в более узком смысле – поддерживающее необходимый уровень запасов на складах. Его передаточная функция определяется применяемым в подразделении алгоритмом расчета необходимого объема заказа на основании информации о разнице между текущим и заданным уровнем запасов (т. е. принятым алгоритмом регулирования уровня запасов). Исходя из практики построения систем автоматического управления наиболее широко используемым алгоритмом регулирования является ПИД-алгоритм, который и предлагается применять здесь в указанных целях. В связи с наличием временных задержек по поставкам в модель управления включено звено запаздывания. Процесс учета товарно-материальных ценностей на складе представляет собой обратную связь в системе управления запасами

Попробуем распространить подход к моделированию производственных объектов, предложенный в [3], на обобщённое представление производственной системы, включающей в себя три объекта, связанных между собой материальными потоками: склад сырья и материалов, производственную площадку (цех) и склад готовой продукции. Определим, что главной и непосредственной целью управления такой системой будет являться обеспечение бесперебойного производства требуемого объёма конечной продукции, который в свою очередь будет определяться спросом на неё со стороны её покупателей. При известном графике реализации готовой продукции могут быть без принципиальных трудностей однозначно определены все остальные составляющие производственного процесса. Применительно к рассматриваемой здесь производственной системе это - график производства продукции и графики поставки сырья и материалов на предприятие и выдачи их в производство. При этом ключевым условием, соблюдение которого необходимо при определении графиков движения материальных потоков в производственной системе, исходя из указанной выше

цели управления, является их согласованность между собой в смысле равенства суммарных доходов и расходов материалов. В противном случае, несогласованность графиков поставки и производства, рано или поздно, может привести к сбоям в работе предприятия или к срыву поставок готовой продукции по одной из следующих причин: возникновение дефицита тех или иных материалов, или готовых изделий; затоваривание одного из участков производственной системы.

В реальных условиях добиться абсолютной сбалансированности производственной системы в указанном выше смысле не представляется возможным в силу наличия случайных факторов, вызывающих отклонения от плановых графиков движения материальных потоков. И самым существенным из таких факторов, определяющим интенсивность движения всех материальных потоков в системе, является спрос на продукцию предприятия, в силу случайного характера которого график её реализации будет представлять собой случайный процесс. В этом случае принципиально невозможно заранее, для каждого момента времени, определить такой объём производства, который бы строго соответствовал спросу на производимую продукцию. Как известно, широко распространённым решением, позволяющим снизить риск остановки производства и неудовлетворения спроса, является создание запасов исходного сырья и материалов и готовой продукции. В упомянутой выше работе [3] показано, что в системе управления материальными потоками, математическая модель склада, как объекта управления, основной функцией которого является накопление и хранение запасов, в теории автоматического управления может быть представлена типовым интегрирующим звеном. Контролируемым параметром склада в этом случае является уровень запасов, текущее значение которого равно разности между суммарным приходом материалов на склад и суммарным расходом материалов со склада за период с начального до текущего момента времени, с учётом имевшихся на начальный момент времени на складе остатков запасов:

$$L(k) = \sum_{n=1}^k P(n) - \sum_{n=1}^k R(n) + L_0, \quad (1)$$

где L – уровень запасов на складе; P - приход материалов на склад; R - расход материалов со склад; L_0 – уровень запасов на начальный момент времени. Отметим, что рассматриваемые здесь и далее производственные процессы, включая и движение материалов на складе, можно считать дискретными, поскольку в дальнейшем нас будут интересовать их значения только в определённые моменты времени, когда, в соответствии с установленным графиком работы, лицо ответственное за материально-техническое снабжение производства, производит контроль состояния материальных запасов. Безусловно, движение материалов происходит и между этими моментами времени, однако соответствующие промежуточные состояния игнорируются системой управления, то есть другими словами можно сказать, что они для неё не существуют.

Преобразуем уравнение (1) следующим образом:

$$L(k) = L_0 + \left(\sum_{n=1}^{k-1} P(n) - \sum_{n=1}^{k-1} R(n) \right) + (P(k) - R(k)), \quad (2)$$

то есть выделим из суммы всех поступлений на склад значение прихода в текущий момент времени k и из суммы всех убытий со склада – значение расхода, также соответствующее текущему моменту времени (вторая скобка в

уравнении (2)). Оставшиеся слагаемые - $L_0 + \left(\sum_{n=1}^{k-1} P(n) - \sum_{n=1}^{k-1} R(n) \right)$ – определяют уровень запасов на момент времени $k-1$. Таким образом, из уравнения (2) следует, что уровень запасов в текущий момент времени k равен сумме его значения в предыдущий момент времени $k-1$ и разности между текущим приходом и расходом (3):

$$L(k) = L(k-1) + (P(k) - R(k)). \quad (3)$$

Переходя к операторной форме записи разностного уравнения, построим дискретную передаточную функцию склада как объекта управления входным

сигналом которого является разность между приходом и расходом материалов, а выходным – контролируемый параметр – уровень запасов (4) – (7).

$$L(z) = L(z) \cdot z^{-1} + (P(z) - R(z)), \quad (4)$$

$$L(z) - L(z) \cdot z^{-1} = (P(z) - R(z)), \quad (5)$$

$$L(z)(1 - z^{-1}) = (P(z) - R(z)), \quad (6)$$

$$\frac{L(z)}{(P(z) - R(z))} = \frac{1}{1 - z^{-1}} \quad (7)$$

Выражение в правой части последнего уравнения, как известно, представляет собой дискретную передаточную функцию типового интегрирующего звена.

С целью обеспечения непрерывности производственного процесса, запасы создаются не только на складах предприятия, но и на производственных площадках, которые в контексте задачи управления материальными потоками, аналогично складам, могут быть представлены интегрирующими звеньями. Таким образом математическая модель всей производственной системы в целом, в рамках аппарата ТАУ, может быть представлена совокупностью интегрирующих звеньев, связанных между собой материальными потоками. Для рассматриваемой здесь системы: исходящий поток со склада сырья и материалов является входящим потоком для производственной площадки, а исходящий поток с производственной площадки является входящим потоком для склада готовой продукции. В математической модели системы в форме передаточных функций данная ситуация будет отображаться путём заведения одного и того же сигнала, моделирующего материальный поток, на вход связанных этим потоком объектов, но с разными знаками: поток со склада сырья и материалов будет действовать в сторону снижения уровня складских запасов и увеличивать уровень запасов на производственной площадке; поток готовой продукции будет уменьшать уровень запасов на производственной площадке и увеличивать, соответственно, уровень запасов готовой продукции на соответствующем складе.

С учётом вышеизложенного передаточная функция производственной системы в целом будет выглядеть следующим образом (см. рис. 2).

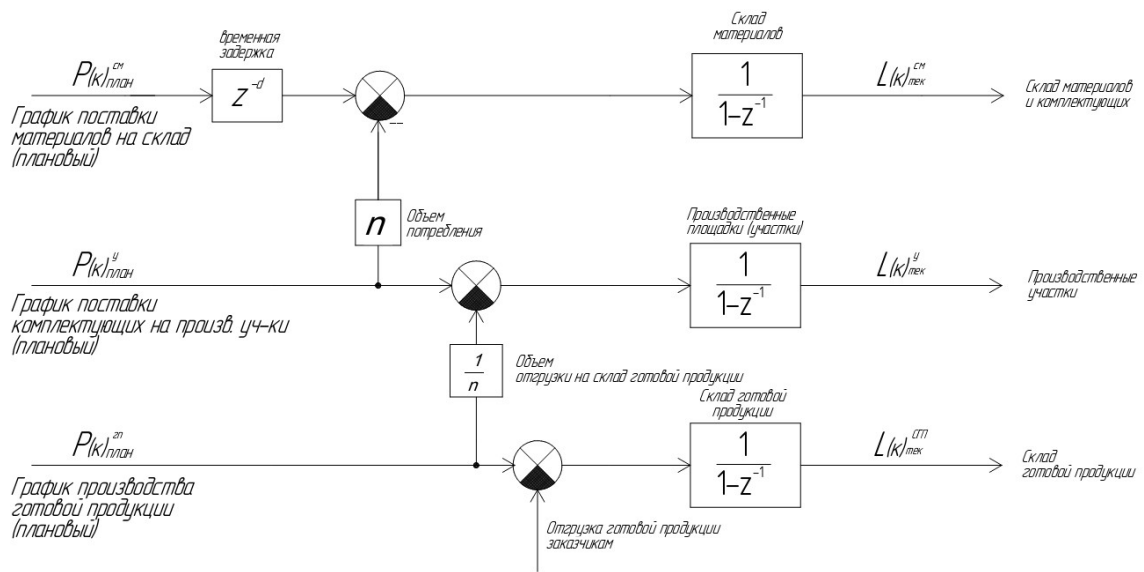


Рисунок 2. Структурно-функциональное представление модели программного управления производственной системой

Здесь пропорциональные звенья с коэффициентами n и $\frac{1}{n}$ между объектами производственной системы предназначены для отображения в модели распространённого подхода к организации производственной площадки, когда в её состав входят n идентичных производственных участков, потребность каждого из которых в материалах удовлетворяется с общего склада материалов, а готовые изделия с них уходят на общий склад готовой продукции. Поскольку мы предполагаем полную идентичность всех n производственных участков, в модели их можно представить одним звеном, отмасштабировав соответствующим образом потоки, связывающие его с остальными звеньями системы (т.е. складами).

На входе системы действуют три управляющих сигнала: графики поставки материалов и комплектующих на склад материалов и на производственные участки и график производства готовой продукции, в совокупности представляющие собой общий план-график производства. Данные графики согласованы между собой и сформированы исходя из предполагаемого спроса на производимую предприятием продукцию, который в рассматриваемой

системе, в терминах ТАУ, будет представлять собой возмущающее воздействие, которое системе необходимо обработать. Такой тип управления, когда управляющее воздействие обрабатывает известное возмущение, называется в ТАУ программным управлением [1, с. 71]. Если исключить влияние всех случайных факторов, то при таком подходе, принципиально, можно добиться устойчивого функционирования предприятия при нулевом уровне всех запасов.

Однако, как уже было отмечено выше, в реальных условиях этого достичь невозможно, и минимальный уровень запасов, обеспечивающий стабильную работу предприятия в таких условиях, т.н. «страховой запас», должен быть на каждом из объектов производственной системы. Таким образом, к задаче выполнения заданного графика производства добавляется задача поддержания необходимого уровня страховых запасов. С точки зрения ТАУ здесь идёт речь о классической задаче регулирования, эффективным решением которой является применение отрицательной обратной связи по выходу объекта. Применительно к рассматриваемой здесь системе управление с помощью отрицательной обратной связи будет построено, как показано на следующей функциональной схеме (рис. 3)

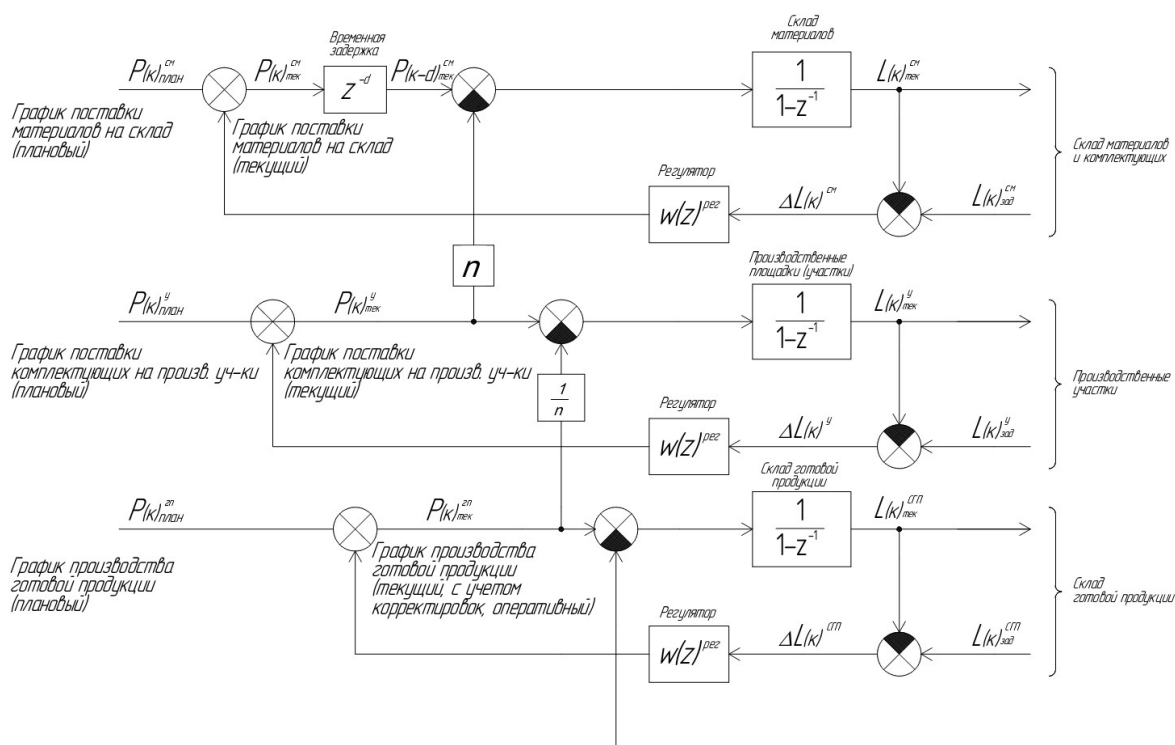


Рисунок 3. Структурно-функциональное представление модели управления производственной системой с обратной связью по ошибке

Здесь выход каждого объекта – текущий уровень запасов – сопоставляется с требуемым уровнем страхового запаса, отклонение от которого поступает на вход регулятора (управляющего устройства). Выход регулятор представляет собой корректировку плановых графиков, обеспечивающую минимизацию выявленных расхождений.

При практической реализации регуляторы будут представлять собой программно-реализованные алгоритмы расчёта корректировок соответствующих плановых графиков производства и поставок, параметры которых будут рассчитаны методами ТАУ, исходя из условия обеспечения требуемых динамических свойств управляемой системы, как минимум – её устойчивости.

Безусловно, практическая реализация предложенного здесь подхода к построению управления производственной системой, в том числе выбор структуры и настройка параметров регуляторов, требуют рассмотрения большого числа деталей, отличающих реально функционирующие предприятия от их модельного представления. Результаты выявления и поиска решения этих проблем автор предполагает представить в своих следующих работах по данной теме.

Список литературы

1. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 624 с.
2. Сергеев А.В. Предпосылки к применению классического аппарата теории автоматического управления в качестве методологической платформы для разработки ERP-систем. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». Выпуск №2(34): Самара, 2012. С. 39 –43.

3. Сергеев А.В., Новиков А.А. Разработка модели системы управления поставками материалов для промышленных предприятий на базе классической теории автоматического управления // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2013. – № 3(39). – С. 41–47.