



Characteristic of modernization of ASU TP aggregates is given. The general scheme of production and account is given.

Н. В. АНДРИАНОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.14.018

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Постоянно растущая «планка» необходимой экономической эффективности и качества продукции требует непрерывного совершенствования системы управления предприятием. Главной особенностью управления в современных условиях становится его динамичность – способность адекватно реагировать на быстрые изменения рыночной конъюнктуры и возросший темп технологических инноваций. Совершенствование менеджмента в этих условиях неразрывно связано с использованием возможностей современных средств автоматизации на всех уровнях управления.

Автоматизация и механизация физического труда в первой половине XX в. повысили его производительность в 50 раз [1], радикальным образом отразившись не только на условиях труда и характере производственных отношений, но и геополитических процессах в мире. Появление компьютерных систем управления и успех их использования в самых различных областях человеческой деятельности вызвали ожидания столь же значительного эффекта в сфере автоматизации умственного труда и стимулировали связанные с этим значительные вложения в автоматизацию производственных предприятий, однако уже в 1987 г. было обнаружено [2], что инвестиции в компьютеризацию производственной сферы не сопровождаются ростом макроэкономических показателей, таких, как производительность труда и ВВП. Причины этого явления в последние годы послужили предметом многочисленных публикаций и исследований [3–7]. Сегодня можно с уверенностью сказать, что основная причина низкой отдачи, общей для различных автоматизированных систем управления производством, связана с тем, что решаемые ими задачи не являются критичными для эффективного управления предприятием.

Формально управление включает в себя три последовательно выполняемые операции (рис. 1): получение информации, планирование (выработ-

ка решений, направленных на достижение цели), исполнение принятого плана. В явном или неявном виде эта последовательность сохраняется на всех уровнях управления – от общего управления предприятием до выполнения отдельных технологических операций. Подавляющий объем (до 90–95%) работы управленческого персонала металлургического завода связан с оперативным управлением – это и есть та напряженная повседневная работа, с помощью которой обеспечивается план производства, качество выпускаемой продукции и «выживание» предприятия в целом, именно эта составляющая управления является наиболее важной, оставаясь при этом наименее обеспеченной средствами автоматизированной поддержки.

Различные компьютерные системы, активно внедряемые на металлургических предприятиях и получившие общее название «корпоративные информационные системы» (КИС), позволяют улучшить сбор данных, складской учет материалов и готовой продукции, отслеживание выполнения договорных обязательств и прохождения платежей, финансовых потоков и выполнение другой рутинной работы, требующей значительных затрат труда. Такие системы более наглядно и достоверно отображают текущее положение дел на предприятии, но, как и следует из их названия, являются только информационными системами, обеспечивающими сбор, проверку, хранение, преобразование и передачу информации («Обратная связь» на рис. 1), и не охватывают всех составляющих управления. Принципиально важным является практически полное отсутствие в КИС важнейшего элемента управленческого процесса – выработки оптимального решения. Такие функции, как анализ информации, поиск возможных вариантов решений, оценка их эффективности и выбор наилучшего из них по-прежнему остаются прерогативой человека и не обеспечиваются расчетной поддержкой, необходимость которой особенно остро ощущается в оперативном управлении. Именно автоматизация умственного

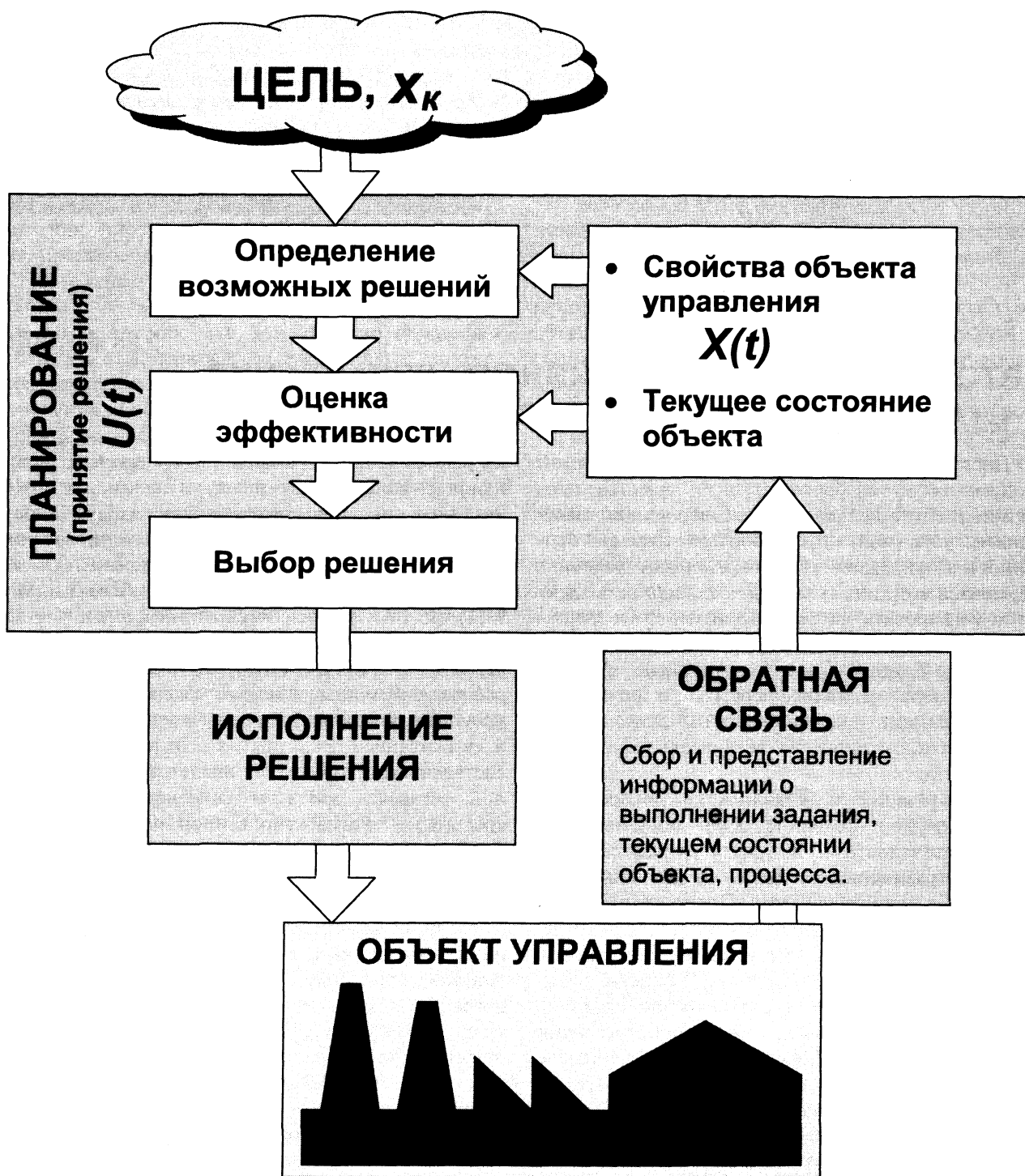


Рис.1. Общая схема управления

труда, создание программных комплексов, направленных на выработку управленческих решений (или расчетную поддержку при их принятии), должны стать следующим шагом в развитии автоматизированных систем управления и дать ощутимый эффект.

Оперативное или ситуационное управление (иногда его еще называют управлением в реальном времени [8]) предполагает немедленную реакцию на возникшее или намечившееся отклонение хода производственного процесса от нормы,

однако реализация такой системы «немедленного реагирования» в рамках существующих КИС наталкивается на трудности принципиального характера: управление деятельностью предприятия традиционно базировалось (в большинстве случаев базируется и сейчас) на данных бухгалтерского и складского учета (рис.2), формирующихся со значительной задержкой во времени, исключающей такую возможность. Кроме того, эти данные слишком обобщенные, не отражают характера внутренних процессов объекта, его свойств и

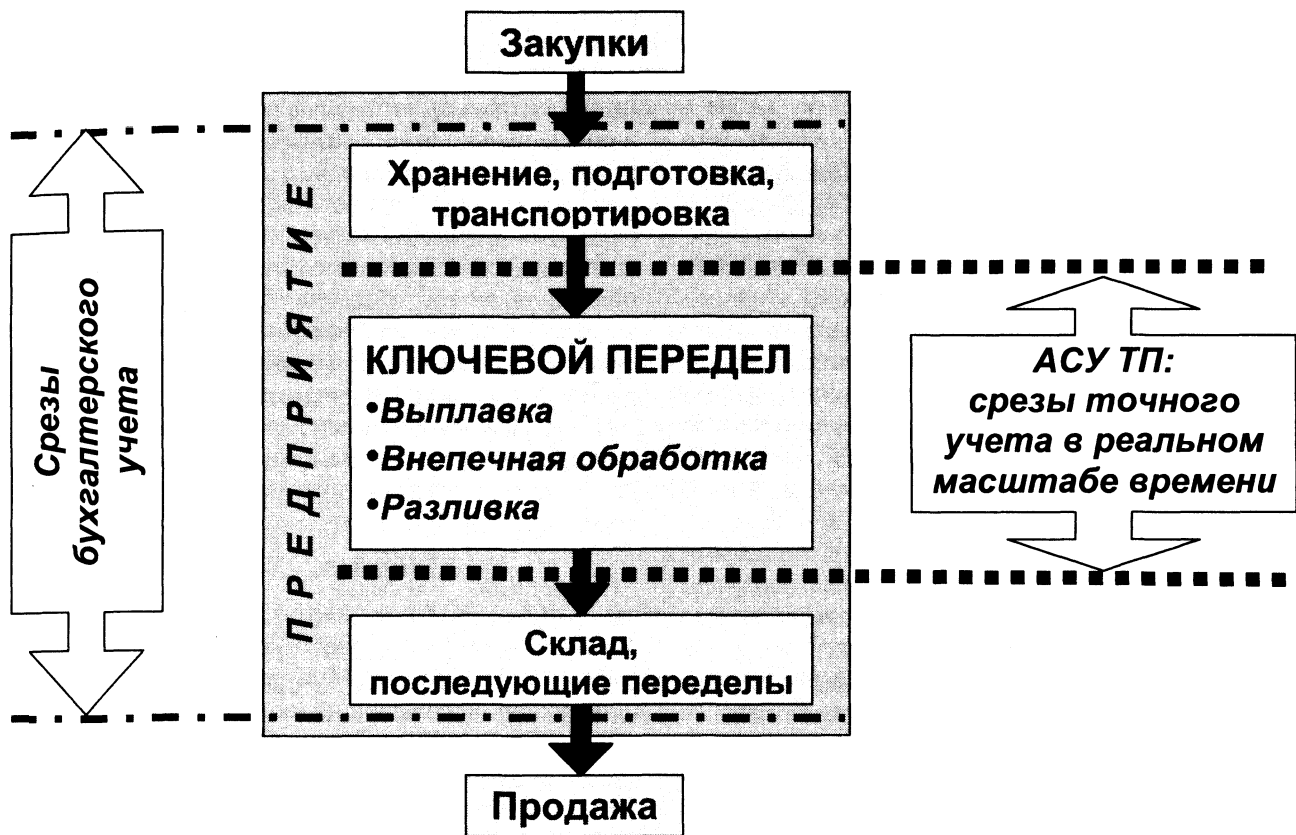


Рис. 2. Общая схема производства и учета

поэтому недостаточны для управления производством, которое является основой деятельности любого производственного предприятия.

Особую роль в производственном цикле металлургического завода играет технологический процесс выплавки стали: через него проходят все основные материальные потоки, на этой стадии закладываются свойства металла, определяющие его технологичность и качество конечной продукции, ритмичность работы этого участка определяет возможность планирования на дальнейших переделах. Очевидно, что решение задач оперативного управления металлургическим производством должно основываться на актуальных данных о ходе процессов, состоянии агрегатов (как правило, в достаточной мере обеспечиваемых современными средствами АСУТП), а также на знании характера процессов, происходящих в сталеплавильных агрегатах. Автоматизация управления, планирования работы предприятия требует математической формализации предметных знаний специалистов-металлургов, на основании которых они до последнего времени принимали решения, однако многофакторность процессов, нелинейный характер физических и химических превращений в сталеплавильных агрегатах не позволяли до последнего времени создать математическую модель, описывающую их в достаточной мере точно и надежно. Именно этим объясняется отсутствие

систем управления, опирающихся на строгие детерминированные модели и способных обеспечить необходимую расчетную поддержку управленческой деятельности.

Наиболее простым способом, позволяющим решать целый ряд задач без описания характера происходящих в технологических агрегатах процессов, является планирование на основании нормативов, полученных из производственного опыта. Этот метод реализован практически во всех предлагаемых на рынке системах управления, дает удовлетворительные результаты и широко используется при укрупненном планировании. Однако присущие ему недостатки объективно ограничивают возможность его применения при переходе к более детальному суточному и сменному планированию и оперативному управлению технологическими процессами, для обеспечения нормативных показателей каждой плавки необходима жесткая стандартизация всех производственных условий.

В сталеплавильном производстве для обеспечения постоянства условий необходимо в первую очередь добиться неизменности состава и свойств шихтовых, легирующих и других используемых материалов, что трудно реализуемо на практике: привязка к ограниченному кругу поставщиков часто не оправдана экономически, свойства материалов колеблются в значительных пределах от

партии к партии даже у одного производителя. Опыт показывает, что содержание элементов в шихте может изменяться в десятки раз от плавки к плавке, при этом ряд операций по ведению плавки вынужденно осуществляется нерационально, «с запасом», что неизбежно вызывает целый комплекс негативных последствий: перерасход энергоносителей, переокисленность, повышенный расход раскислителей и легирующих, значительно больший угар и уменьшение выхода годного, повышенный расход футеровки, загрязнение металла продуктами раскисления и снижение его качества. Попытки многих металлургических предприятий решить проблему непостоянства химического состава металлозавалки, составляющей 90–95% от массы всех используемых на плавке материалов, до сих пор не дали ощутимого эффекта, и вряд ли это решение будет найдено в ближайшее время. Кроме того, усредненные показатели процесса, полученные при анализе массива предшествующих плавков, с вероятностью более 90% не соответствуют параметрам любой отдельной плавки, и соответственно полученные на их основе режимы чаще всего не соответствуют реально складывающейся ситуации и не могут удовлетворять требованиям оперативного управления. Следует отметить также и трудности определения нормативов при смене сортамента или изменении сырьевых условий производства.

Стандартизация хода технологических процессов должна существенно облегчить задачи оперативного управления и планирования, но значительно увеличивает затраты на производство и себестоимость выплавляемого металла, а также требует большого объема организационных работ. Следует также учитывать, что реализация этих мероприятий может уменьшить влияние ряда дестабилизирующих факторов, но не исключит их полностью. В частности, помимо указанной уже нестабильности состава и свойств используемых материалов, не могут быть устранены неточность навески материалов, изменения гидродинамики ванны и скорости перемешивания металла в зависимости от разгара футеровки, состояния продувочных узлов, существенный разброс степени охлаждения металла при вакуумировании, зарастание стаканчиков и другие трудности при разливке, поломки, отказы устройств и механизмов, изменение их характеристик и многие другие, возникающие на практике. Подтверждением этого являются неудачи при создании систем согласования работы смежных агрегатов (контактный график) на основе нормированной продолжительности процессов: частые и неизбежные изменения условий, даже незначительные, приводят к неадекватности их работы и необходимости перехода в ручной режим управления, сами системы при этом выполняют лишь информационные функции, осуществляя мониторинг, иллюстрацию текущей ситуации в цехе.

Очевидно, что решение задач оперативного управления в комплексе с мерами по стандартизации условий процесса требует реализации принципов ситуационного управления. При этом первичный план может разрабатываться на основе нормативных показателей, а в процессе исполнения должен корректироваться в соответствии со спецификой производственной ситуации на каждой плавке. Обязательными условиями такого подхода является обеспечение обратной связи в реальном времени и создание механизма, позволяющего также оперативно находить наиболее рациональные технологические решения.

В общем виде управление можно представить в виде схемы (см. рис.1) или в обычном для механических систем оптимального управления виде дифференциального уравнения [8]:

$$dx/dt=f(X(t), U(t), t), \quad (1)$$

где $X=(X_1, \dots, X_n)$ – вектор состояний объекта, описывающий состояние и свойства объекта управления; $U=(U_1, \dots, U_n)$ – вектор управлений (или набор управляющих воздействий), вызывающих переход системы из одного состояния в другое в процессе управления; t – время.

На практике задачей управления является определение необходимых воздействий на объект U для перевода системы из начального состояния x_0 в заданное конечное состояние x_k , поэтому уравнение (1) удобно представить в следующем виде:

$$U(t)=f(X(t), x_0, x_k, t). \quad (2)$$

Из рис. 1 и уравнения (2) видно, что основным фактором, определяющим качество принимаемых решений, является знание свойств объекта управления $X(t)$, позволяющее предсказать реакцию объекта на те или иные действия.

Специальные исследования и интерпретация термодинамики как обобщения классической механики на тепловые явления позволили представить практически весь комплекс явлений сталеплавильного процесса в виде компактной системы взаимосогласованных алгоритмов, ставших основой пакета прикладных программ ГИББС® (название первых версий – ОРАКУЛ) [9]. Использование строго фундаментального расчета и учет кинетических особенностей конкретной плавки дало возможность с высокой точностью описывать динамику тепло- и массообменных процессов, происходящих в сталеплавильных агрегатах, имитировать ход технологического процесса и прогнозировать изменение всех основных параметров плавки от ее начала до завершения (температура, химический состав металла, шлака и отходящих газов и др.), а также определять основные технико-экономические показатели будущих или гипотетических плавков – продолжительность, затраты материалов и энергоносителей, вплоть до расчета себестоимости.

Использование детерминированных моделей для прогнозирования хода процесса является в высшей степени продуктивным при оперативном планировании: с помощью имитационного моделирования можно проверить реалистичность планов еще на стадии их формирования и внести необходимые поправки исходя не из усредненных, а актуальных, соответствующих текущему моменту характеристик оборудования и условий. При исполнении плана модель позволяет рассчитывать текущие значения всех необходимых для управления параметров (восполняя недостаточность текущей информации о ходе процесса) и прогнозировать их изменение до окончания плавки, а значит, оперативно и обоснованно формировать все операции по ее ведению с учетом всех возникающих отклонений от запланированного графика. Гибкость плана, возможность его адаптации к меняющимся условиям обеспечивают устойчивость системы в любых ситуациях и является важнейшим условием эффективного управления, позволяющим поддерживать ритmicность всего производства. Такая возможность отсутствует при нормативном управлении – все операции и их порядок жестко заданы и единственным возможным маневром в случае изменения условий является перенесение операций на более поздний срок, т.е. прерывание цикла производства, негативные последствия чего очевидны. Использование одних и тех же моделей при разработке плана и в процессе его выполнения (при ведении каждой из запланированных плавки) позволяет корректно замкнуть контур управления, обеспечить расчетное обоснование и надежное исполнение назначаемых планов.

Следует отметить, что необходимые коррективы, обеспечивающие «жизнеспособность» планов и всей системы управления в целом, чаще всего носят технологический характер и их разработка невозможна без предметных знаний об объекте управления. Носителем знаний о характере основных технологических процессов и совокупности всех внешних факторов, влияющих на него, способным использовать их на практике, был и остается до настоящего времени человек, именно специалисты-технологи занимались анализом всей поступающей информации о производственных условиях и характере процессов, определяли цели, текущие задачи, выбирали наиболее рациональные решения на основании имеющихся знаний, опыта и профессиональной интуиции. С общим ростом производительности, интенсивности операций, требований к качеству продукции, все большей сложности и технического уровня производственных процессов неизменно возросли требования к скорости принятия решений, их качеству и точности. В складывающейся ситуации возможности человека зачастую

уже не могут удовлетворять предъявляемым критериям управления, внося тем самым дестабилизирующее воздействие, а эффективность всего производства становится «заложником» человеческого фактора.

Пакет прикладных программ ГИББС® (ОРА-КУЛ) был успешно опробован в условиях ЭСПЦ-1 Белорусского металлургического завода, где были подтверждены его высокие прогностические возможности и эффективность создания на его основе систем управления технологическими процессами. Это позволило принять решение об использовании моделей пакета в качестве основы АСУТП сталеплавильных агрегатов завода и начать работы по их модернизации. Реализованные на Белорусском металлургическом заводе АСУТП были первыми и остаются единственными до настоящего времени системами управления, построенными на основе строгих термодинамических моделей, описывающих весь комплекс процессов в агрегатах и способными вести плавку в автоматическом режиме ситуационного управления.

Модернизация АСУТП агрегатов позволила решить еще одну важную задачу: создана информационная система, обеспечивающая надежными данными о ходе и результатах сталеплавильных процессов в режиме реального времени. Именно в АСУТП формируется, накапливается, проходит проверку и обработку наиболее достоверная, первичная информация о текущем состоянии агрегатов, расходах материалов и энергоносителей и др., являющаяся основой для решения задач оперативного управления. При создании АСУТП агрегатов была проведена полная «ревизия» соответствующих баз данных, продуманы процедуры их пополнения и обновления. Этим подготовлена основа для решения в ситуационном режиме задач более высокого уровня – создания автоматизированной системы оперативного управления сталеплавильным производством.

Литература

1. Друкер П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке / Пер с англ.: М.: Изд. дом «Вильямс», 2002.
2. Страсман П. Напрасные траты? // ComputerWorld. 1996. №20. <http://osp.irtel.ru/cw/1996/20/10.htm>
3. Новая экономика // Эксперт. 2000. №40. С. 71–93.
4. Вакуленко С. Изгнание из рая // Эксперт. 2002. №15.
5. Кадушин А., Михайлова Н. Эффект «ОКИС-ления» // Chief Information Officer – директор информационной службы. 2001. №7. С. 19–23.
6. Мейор Т. Как оценить преимущества ИТ // Chief Information Officer – директор информационной службы. 2001. №1. С. 31–36.
7. Петрова Ю. Информационные технологии «на вес» // Эксперт. Цифровой мир. 2002. №8. С. 12–15.
8. Черняк Л. На пути к предприятию, управляемому в реальном времени. <http://www.osp.ru/os/2002/12/043.htm>.
9. Оптимальное управление в примерах и задачах: Учеб. пособ. М.: Изд-во МАИ, 1996.