



*In the article there is made analysis of using of the cybernetic methods and also are determined the peculiarities of the solution of problems on quality control of castings in foundry.*

С. Г. ПЕЛЫХ, О. И. ПОНОМАРЕНКО,  
Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 621.74 (083.3): 681.32.06

Управление — это непрерывный и целенаправленный процесс, направленный на поддержание или улучшение функционирования объекта в соответствии с заданной целью. Управление — основа функционирования технических систем, живых организмов и социальных структур. С древнейших времен до недавнего времени управление являлось особым рода искусством, царством интуиции и эмпирики, а успешность и результативность этой деятельности определялись способностями и уровнем интеллектуального развития индивидуума.

Прорыв произошел в 1948 г., когда профессор математики Массачусетского технологического института Норберт Винер опубликовал свою знаменитую книгу: "Кибернетика или управление и связь в животном мире и машине", провозгласив рождение науки об управлении — кибернетики. Впервые была поставлена задача исследования управления как особого процесса, имеющего свои общие законы независимо от характера исследуемого объекта. Кибернетика ввела, кроме материи и энергии, новую фундаментальную категорию — информацию и показала, что ее переработка является основой любой управленческой деятельности.

Появление кибернетики дало сильный толчок для развития существовавших к тому времени, но находившихся в стадии медленного развития разделов науки и техники, которые впоследствии стали основой кибернетики: электронные вычислительные машины, системный анализ, исследование операций, управляющие системы.

Особое влияние кибернетика оказала в области математического моделирования. Концепция математического моделирования однозначно просматривается с самого начала возникновения математики 2,5 тыс. лет тому назад. Например, геометрия Эвклида по сути является адекватной (но, как оказалось впоследствии, далеко не единственной!) математической моделью окружающего пространства. Эта концепция применялась к изучению окружающего мира, в основном в астрономии, а

ее развитие шло медленными темпами до тех пор, пока она не получила два резких импульса, способствовавших ее резкому развитию.

Первый импульс возник в XVII в., когда Р. Декарт и Г. Галилей очистили естествознание от софистики и средневековой схоластики, реформировали природу научной деятельности, критически пересмотрели основные понятия науки, по-новому определили ее цели и задачи. С этих работ берет свое начало современная математическая физика, являющаяся в настоящее время незыблемым фундаментом для решения огромного круга научных и практических задач — от освоения атомной энергии до управления промышленными технологическими процессами. В основе математической физики лежит новаторская и дерзкая для своего времени идея — получить математическое описание явлений, представляющих научный интерес независимо от каких-либо объяснений физической сущности изучаемого явления. По сути это была первая однозначная и четкая формулировка основного принципа математического моделирования.

Второй импульс развитию математического моделирования был дан, когда выяснилось, что его методы и средства являются мощным и универсальным инструментом управления в самых разнообразных областях науки, техники и практической деятельности. Осознание этого факта послужило мощным стимулом для повышения эффективности управления технологическими процессами, в том числе и процессами, связанными с изготовлением отливок.

Приведенный научно-исторический экскурс необходим для четкого и ясного понимания особенностей и возможностей кибернетического подхода для решения прикладных задач в области технологии литья.

Стремительный и уникальный, не имеющий прецедентов в истории науки и техники прогресс в области развития электронных вычислительных машин привел к тому, что в 60-х годах появилась реальная возможность их использования для ре-

шения инженерных задач конструкторского и технологического характера. Впервые пути кибернетики и литейного производства пересеклись в 1961 г., когда известные американские фирмы "Chrysler" и "Caterpillar Tractor" использовали ЭВМ для управления электрическим режимом плавки серого чугуна в индукционных печах и оптимизации его химического состава [1].

С этого времени использование ЭВМ и кибернетических методов непрерывно расширялось как по видам решаемых задач, так и по числу использующих их организаций, литейных цехов и предприятий. Этому способствовало скачкообразное повышение технических характеристик при смене поколений ЭВМ, повышение их надежности и снижение стоимости. Кибернетические методы открыли новые возможности в повышении качества и конкурентоспособности литья, и уже в 1970 г. был сделан вывод о том, что применение компьютерных систем управления является необходимым условием дальнейшего прогресса литейного производства [2].

За 40 лет применения кибернетических методов четко наметились следующие направления их использования для решения задач в области литейного производства.

1. Решение задач учетно-статического характера, связанных с фиксацией, хранением и обработкой больших объемов текущей производственной и управляющей информации. Задачи этого типа достаточно эффективно решаются в рамках автоматизированных систем управления производством (АСУП).

2. Управление и оптимизация отдельных технологических процессов и технологических комплексов, таких, как плавильные печи и участки, агрегаты и комплексы для приготовления смесей, автоматические линии формовки, машины и робототехнические комплексы для литья под давлением и т. д. Компьютерные системы для решения этих задач получили название автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), они широко используются в литейных цехах массового и крупносерийного производства развитых стран.

3. Автоматизированное проектирование технологических процессов литейного производства и конструирования отливок. Для решения задач этого типа создано несколько разновидностей систем автоматизированного проектирования (САПР) и около 30 мощных пакетов прикладных программ коммерческого характера, реализующих технологические расчеты, выполняемые при проектировании технологии литья: расчет литниковой системы, прибылей, шихты, газового режима литейной формы, процессов кристаллизации, затвердевания и усадки металла отливок, прогнозирование появления литейных дефектов и т. д.

Применение кибернетических методов и средств позволило все разнообразие моделирующих методик свести к одной из общих математических схем:

- расчет по формулам;
- решение алгебраических и дифференциальных уравнений различного порядка;
- решение линейных и нелинейных систем уравнений;
- оптимизационные задачи различного вида.

Все четыре математические схемы известны и использовались задолго до появления кибернетики, однако только с ее появлением они стали рабочим инструментом инженера и технолога. Это связано с созданием пакетов прикладных программ, использование которых позволило резко расширить математические возможности используемых методик и сферу их практического применения.

С содержательной точки зрения в литейном производстве есть всего две кардинальные задачи: во-первых, управление производственной деятельностью литейного предприятия с целью максимального использования его производственного потенциала и, во-вторых, управление качеством отливок с целью повышения его конкурентоспособности.

В решении задачи возрождения литейного производства Украины особое место занимает проблема повышения уровня качества отливок и литых деталей для машиностроения. От решения этой задачи зависит судьба литейного производства Украины. Поэтому управление качеством отливок в настоящий момент превращается из специфической области научно-технической риторики в главную проблему литейного производства.

Задача управления качеством отливок очень специфична и имеет ряд особенностей, без четкого понимания и осмысления которых решить ее ни практически, ни теоретически невозможно. Прежде всего задача получения качественных отливок возникла одновременно с появлением литейного производства, и за это время накоплен огромный опыт в ее решении, который необходимо учитывать на современном этапе его развития. Во-вторых, эта задача очень трудна не только и не сколько в ее решении, сколько в ее постановке. Это связано с тем, что в настоящее время существуют различные определения понятия "качество", но все они так или иначе сводятся к степени соответствия параметров отливки заданным требованиям. Однако отливки и литые детали эксплуатируются в самых разнообразных условиях: переменные механические нагрузки, высокотемпературное воздействие, гидроэрозия, абразивный износ, газовая коррозия и т.п., а также в условиях комбинации двух и более видов воздействий. В связи с этим и требования к отливкам разного вида сильно отличаются в зависимости от области

использования, т.е. в каждой сфере имеются свои специфические требования. Следовательно, не существует некоторого абстрактного понятия "качество отливок", но есть свои представления на этот счет в каждой области, где используются отливки или литые детали, без детального анализа которых невозможны серьезная постановка и решение задачи управления качеством отливок.

Третьей особенностью задачи управления качеством отливок является необходимость ее решения на трех уровнях: конструкторском, технологическом и системном. Качество отливки в значительной степени определяется на стадии конструирования, когда выбирается литейный сплав и назначаются ее основные геометрические размеры. Большое влияние на формирование параметров качества отливки оказывает технологический процесс ее изготовления. Завершается процесс формирования уровня качества под воздействием факторов системы технологического оборудования, в рамках которой реализуются производственный и технологический процессы.

При решении задач, связанных с повышением качества отливок, группе системных факторов уделяется недостаточно внимания, хотя она оказывает на параметры литья не меньшее влияние, чем конструктивные и технологические характеристики. Сюда прежде всего относятся потеря качества литых форм из-за длительных простоев литейного технологического оборудования, необходимость заливать металлом одной плавки отливки с различными требованиями к химическому составу сплава, механические нагрузки на формы при их изготовлении и транспортировании, использование исходных материалов невысокого качества, спонтанные колебания качества труда исполнителей при реализации технологического процесса литья.

Поэтому получение высококачественного литья возможно только при обеспечении ритмичной и стабильной работы литейного технологического оборудования, рациональной конструкции отливки и оптимальном технологическом процессе ее изготовления. Выпадение из этого ряда хотя бы одной группы факторов приводит к значительному снижению уровня качества изготавливаемых отливок. Комплексный количественный учет всех факторов, определяющих параметры и уровень качества отливок, составляет основу системного подхода для решения этой важнейшей задачи литейного производства. В тоже время сложность задачи управления качеством отливок и ее многопараметрический характер позволяют утверждать, что эффективное ее решение возможно только на

основе использования современной системы управления и системного анализа.

Для управления качеством отливок в изложенной постановке авторами были проведены многолетние исследования применительно к специфике литейного производства Харьковского региона Украины.

Получены следующие основные результаты.

*В области теории* изучена роль случайных факторов в формировании параметров и уровня качества отливок; создано несколько вариантов математических моделей технологических процессов литья повышенной точности; разработаны математические модели технологических систем литья на основе агрегатов, вероятностных автоматов и систем массового обслуживания.

*В области конструирования* разработаны системные характеристики качества отливок при их работе в условиях действия переменных напряжений: ресурс и прочностная надежность; создана методика расчета несущей способности на основе метода конечных элементов для одной из сложнейших отливок — блока цилиндров ДВС.

На технологическом уровне решены задачи оптимального синтеза литейных сплавов, стабилизации технологических свойств формовочных материалов, оптимизации ряда технологических процессов изготовления отливок. Принципиально новым элементом в проведении исследований является разработка и внедрение методики повышения эксплуатационной надежности отливок на основе математического моделирования работы технологических систем. Кроме того, на системном уровне разработаны и реализованы на ЭВМ задачи, связанные с оптимизацией оперативного планирования литейного цеха, диагностики литейных дефектов, разработкой компьютерных моделей знаний по технологии литья.

Только на основе всестороннего учета этих особенностей и системного подхода возможен переход к конструктивной работе в области управления качеством отливок.

Перечисленные разработки использованы для решения практических задач в литейном производстве и проектных организациях Харьковского региона. Авторы готовы поделиться как опытом решения этих задач, так и использованием полученных результатов для совершенствования учебного процесса при подготовке инженеров литейного производства.

#### Литература

1. Computers and control make systems // Mater. Engng. 1961. Vol. 16. N 8. P. 7—12.
2. Burleigh I. E. Change in the name of the game // Foundry. 1970. N 7. P. 30—32.