



In the article there is offered the method of development and reconstruction of casting houses and their subsystems, based on using of the procedure of system analysis, theory of reliability, hierarchical structure of graph theory, probabilistic automats, mathematical and simulation technique. For the first time in foundry production practice there is offered such mathematical model, which allowed to link the reliability parameters of equipping functioning with the usable technology, to create the optimal structures of casting houses subsystems.

О. И. ПОНОМАРЕНКО, В. В. ТОРЯНИК,
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

УДК 621.74(083.3):681.32.06

НОВЫЕ МЕТОДЫ В РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Проблема реконструкции старых литейных цехов уже является актуальной и станет особо острой в ближайшие годы, поскольку технический уровень основных фондов литейного производства Украины не соответствует современным требованиям. Производство отливок в стране сосредоточено в 1340 цехах. Значительное число литейных цехов строилось в довоенное время, а специализированные литейные заводы, которым принадлежит значительная доля в выпуске отливок, также нуждаются в реконструкции в связи с новым экономическим положением Украины.

Формирование структуры и основных параметров производственного процесса литейного цеха происходит на стадии его проектирования, при этом принципиальная перестройка может быть осуществлена только в период реконструкции цеха. Поэтому эффективность работы литейного цеха в значительной степени определяется качеством и обоснованностью проектных решений.

К сожалению, в практике проектирования и реконструкции литейных цехов распространен эмпирический подход, при котором принятие технических и организационных решений основывается на нормативных данных и профессиональном опыте проектировщиков и производственников. При проектировании и реконструкции рассчитывают производственные мощности литейного цеха, что обеспечивает выпуск качественной продукции, необходимую производительность оборудования, оптимальную себестоимость отливок. Расчет производственной мощности цехов массового и крупносерийного производства производят по ведущим группам оборудования, как правило, по формовочному или формовочному и смесеприготовительному. Вначале определяют производительность формовочного отделения, а затем аналогично — мощность других отделений с введением некоторого запаса, обеспечивающего бесперебойную работу формовочного отделения.

В то же время опыт их эксплуатации показывает, что оценка вариантов структуры и парамет-

ров производственного комплекса на основе знания характеристик отдельных агрегатов без достаточного количественного анализа их взаимодействий и учета отдельных факторов на динамику функционирования оборудования может привести к грубым просчетам. Так, из-за наличия простоев потенциальные возможности автоматических формовочных линий реализуются в среднем на 40–60%.

Одна из основных причин этого — несовершенство используемых при проектировании методик. Например, в них не учитывают тот факт, что современный литейный цех является сложной динамической системой, функционирование которой определяется стохастическим характером взаимодействия различного оборудования и его структурой. Поэтому при расчете производственных мощностей литейного цеха необходимо учитывать надежность работы подразделений литейного цеха. На этапе проектирования нужно решать вопросы по синхронизации работы его подразделений и обеспечению автоматических литейных линий жидким металлом, формовочной смесью, стержнями и т.д.

В связи с компьютеризацией проектирования вопросы методологии проектирования приобретают особое значение, так как позволяют, с одной стороны, снизить затраты на проект, а с другой — повысить качество проектируемых объектов за счет просмотра большого количества вариантов, снизить степень риска при реализации проектных решений, освоении новых производственных заказов.

Для решения практических задач, связанных с повышением эффективности технологических систем литейного производства на стадиях проектирования и реконструкции, наиболее перспективным направлением является объектно-ориентированный подход. Использование ЭВМ, методологии системного анализа и прикладных математических методов позволяет осуществить его на качественно новом уровне.

Для достижения этой цели необходимо выполнить анализ структур цехов и их подразделений на основе использования теории графов;

обосновать и выбрать математический аппарат для описания их работы; разработать общие математические модели; компьютерные программы для их реализации, описывающие динамику их функционирования; на основе стоимостных характеристик и основных показателей работы агрегатов определить оптимальный вариант проекта литейного цеха.

Для моделирования работы производственных подразделений и цеха в целом целесообразно использовать имитационно-вероятностные модели, которые позволяют при минимально необходимом математическом описании достаточно полно отражать все многообразие процессов, происходящих в литейных технологических системах [1–3].

Меняя интенсивность входного потока, цикл работы линии, металлоемкость и землеемкость форм, состав оборудования (вводя дополнительные элементы) и его рабочие характеристики и прослеживая в ходе моделирования соответствующие изменения в производственном процессе, получаем данные о функциональных возможностях всей системы и отдельных ее элементов. Моделируется как сам технологический процесс, так и внутреннее состояние объекта моделирования.

Для его функционирования необходимы следующие технические средства: компьютер с процессором типа Intel 80486 или Pentium, оперативное запоминающее устройство с объемом памяти свыше 16 Мб, объем свободного пространства на жестком диске не менее 15 Мб, операционная система Windows 95-98. Для вывода результатов работы нужен принтер с графическими возможностями.

Работа программы осуществляется следующим образом.

На экране при помощи манипулятора «Мышь» в режиме визуального проектирования создается структура моделируемого производства. Для этого в базе данных предусмотрены несколько групп и типов оборудования или процессов. Оборудование (процесс) выстраивается на экране монитора по существующей технологии согласно назначению. Связи оборудования между собой устанавливаются в диалоговом режиме. Каждому оборудованию (процессу) задаются необходимые характеристики или параметры: время работы, технические характеристики оборудования плавильной системы, формовочного, смесеприготовительного, транспортного оборудования и оборудования финишных операций, его первоначальное состояние, схема работы оборудования, законы выхода его из строя, математические модели процессов, происходящих в системе, критические моменты, металлоемкость и землеемкость форм и др.

После создания структуры программа запускается на счет. В процессе моделирования фиксируются необходимые показатели: общее время работы системы в целом и ее подсистем, а также

каждой единицы оборудования (процесса) в отдельности, количество приготовленного сплава, смеси, форм, количество сплава, залитого в формы, количество сплава, слитого в изложницы или возвращенного в систему по различным причинам, количество смеси, направляемой в отвал, время простоя каждой единицы оборудования с указанием причины. Перечень показателей может быть изменен в зависимости от цели решаемой задачи.

В начальный момент времени ($\tau_0=0$) каждый из N агрегатов системы характеризуется одним из своих состояний $Z_i(\tau)$, где i – номер элемента системы. В каждый следующий достаточно малый заданный промежуток времени производится генерирование внутреннего состояния элемента с целью определения его работоспособного состояния, простоя или других критических состояний. Состояние определяется при помощи датчика случайных чисел методом попадания случайной величины X в интервал отказа или работы.

Моделирование может производиться как в режиме реального времени, так и с любым временным масштабом. Это дает возможность проанализировать технологический процесс, происходящий длительное время в несколько секунд. Целесообразно использовать программу с фиксированным временным шагом. Он устанавливается достаточно малым по сравнению с длительностью операции и временем выхода оборудования из строя. В процессе работы программы в любой момент времени можно опросить состояние оборудования или процесса. Это осуществляется подводом курсора на указанное оборудование и нажатием левой клавиши «Мышь». При этом высвечивается окошко с текущими параметрами, отчетом по времени работы, простоям и их причинам.

Для наглядности все данные представляются в виде графиков, диаграмм, гистограмм. Технологический процесс можно остановить или продолжить в любой временной точке. Структуры подсистем литейных цехов и его оборудования, используемый технологический процесс и результаты счета можно сохранять в базах данных, редактировать или удалять. Каждый интерфейсный элемент системы имеет контекстную подсказку.

В качестве базового класса был создан класс TOper, который включает в себя методы создания и удаления из памяти объекта операции, методы прорисовки входных и выходных связей виртуальных абстрактных моделей, контроля расхода металла и смеси, контроля температуры металла, а также осуществления передачи металла, смеси, стержней, форм по связям. Базовый класс содержит внутренний идентификационный код операций. Логические свойства состояний операций следующие: состояние ожидания вхо-

дов, состояние работы или простоя, состояние передачи по связям, аварийные состояния (при работе — выход оборудования из строя по техническим причинам, при передаче — кончился металл или смесь, снизилась температура металла до критического состояния и т.д.). Он содержит также логические свойства, показывающие “успешность”, “оконченность” процесса или его стадии.

Базовый класс содержит переменные текущего времени операции, паспортные данные (технические характеристики) оборудования или процессов, а также методы манипулирования базами данных.

Кроме того, создан специальный класс связей TConnection, который включает в себя методы создания и удаления из памяти связей, их отрисовки, перемещения.

В качестве свойств класса TConnection выступают координаты начала и конца связи, а также указатели на связываемые операции или оборудование (Op — from, Op — to). Манипулирует описанными объектами (классами) глобальный объект (класс) — TProcess. Этот класс содержит процедуры перемещения, удаления, объединения операций и их связей. Данный класс позволяет системе реагировать на запросы пользователя.

Ключевой процедурой является процедура “Timer”, в которой реализован цикл генерирования состояний, опросов оборудования и их связей. В каждый момент времени, заданный доступным машинным интерфейсом, процесс формально останавливается для того, чтобы не изменились параметры каждого из моделируемых процессов и в цикле ведется опрос каждой единицы оборудования, а технологический процесс при этом в каждой из операций (подпроцессов) генерирует свое новое состояние, соответствующее текущему значению времени и осуществляет реакции на состояние связанных с ним операций. Процесс продолжается до указанного момента времени.

С помощью структурно-программного комплекса можно моделировать работу как подсистемы литейного цеха, так и цеха в целом и проводить рациональный выбор структуры цеха, типа и количества основного и вспомогательного оборудования, основных параметров технологических и транспортных потоков, а также организовать

взаимодействие функциональных подразделений литейного цеха. На этапе эксплуатации появляется возможность не только выявить “узкие” места в технологической цепочке оборудования и оценить влияние различных факторов на процесс функционирования, но и повысить ее надежность за счет структурной и параметрической оптимизации.

Было установлено, что качество проектных решений при проектировании и реконструкции литейных цехов определяется, помимо основных факторов, также динамикой изменения во времени надежности оборудования, используемой технологией и ее математической моделью, наличием программного обеспечения, что позволяет свести задачу оптимального решения к поиску наилучшего значения целевой функции в условиях ограничений, накладываемых на отдельные переменные.

Объектно-ориентированный подход в проектировании и реконструкции может быть использован для оценки эффективности работы существующих литейных цехов и их подразделений, для выбора оптимальных условий производства отливок, получаемых по различным технологическим схемам, при разработке новых технологий, реконструкции цехов с различной номенклатурой и серийностью производства, в базах данных экспертных систем, в системе автоматизированного проектирования и управления технологическими процессами, структурными подразделениями и цехом в целом, в системе обучения студентов литейных специальностей.

Практическое применение данного подхода на ряде цехов заводов сельхозмашиностроения позволило сделать обоснованные выводы о путях повышения эффективности данных производств.

Литература

1. Пономаренко О. И. Использование вероятностных автоматов для анализа работы литейных цехов // Литейное производство. 1997. № 3. С. 29–31.
2. Пономаренко О. И. Вероятностно-автоматный метод расчета потребности в литейном оборудовании // Процессы литья. 1998. № 1. С. 81–86.
3. Пономаренко О. И. Имитационно-вероятностные модели формовочных систем литейного цеха // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Сб. науч. тр. ХГПУ. Вып. 6. В 4 ч. Ч. 2. Харьков: ХГПУ. 1998. С. 516–519.