

Ивлев А.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ ЗАВОДА С ПОЛНЫМ ЦИКЛОМ

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск

В статье рассмотрены научные аспекты моделирования работы технологических участков завода с полным циклом. Для исследования динамических связей между технологическими операциями разработана структурная модель. Моделируется последовательность технологических процессов. В качестве инструмента исследования предложена модель технологического участка в виде элементарной замкнутой системы. Каждый технологический участок представляет собой человеко-машинный комплекс. Описаны результаты работы технологических участков. Рассмотрены возможные режимы работы технологических участков в условиях действия возмущающих воздействий. Произведена оценка влияния динамических возмущений на производительность технологических участков путём моделирования различных производственных ситуаций. Представлены результаты исследования динамики работы производственной системы. Установлено, что последствия возмущающих воздействий, изменения производительности зачастую интуитивно не предсказуемы и носят сложный скрытый характер.

Ключевые слова: моделирование, возмущения, управление, динамика, ритмичность, элементарная замкнутая система.

Постановка проблемы

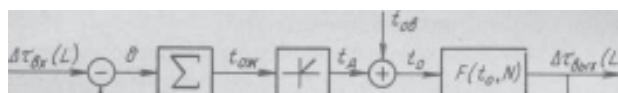
Работа технологических участков предприятия с полным циклом протекает в условиях различного рода возмущающих воздействий. Ритмичность операций в том или ином цехе имеет существенное значение для правильной организации работы агрегатов. Операции, производимые на агрегатах, тесно связаны между собой условиями работы технологического оборудования, подачи необходимых ресурсов. В конечном итоге ритмичность выходного потока продукции определяется работой всей совокупности агрегатов цеха.

Цель исследования

Целью статьи является определение управляющих воздействий и выработка рекомендаций, стабилизирующих ритм выхода готовой продукции.

Анализ последних исследований. Исследованиями данной проблемы занимались многие учёные такие как И. Эльке, С. Емельянов, В. Якушин, М. Штец и другие. В их научных трудах и практических рекомендациях рассмотрены различные методические подходы к изучению динамики производственных систем и на её основе выработке управляющих воздействий. В тоже время существуют вопросы, требующие дальнейшего исследования и изучения.

Изложение основного материала. Металлургические переделы в условиях завода с полным циклом тесно связаны и подвержены большому числу возмущений. Исследования сталеплавильного производства, например, показали, что последствия таких возмущений, изменения производительности зачастую интуитивно непредсказуемы и носят сложный, скрытый характер. Любой из металлургических переделов состоит из технологических участков, на каждом из которых обрабатывается та или иная продукция (заготовки) и передается затем на следующий участок. Каждый такой участок представляет собой человеко-машинный комплекс, содержащий в общем случае N агрегатов, выполняющих заданную технологическую операцию. Моделью технологического участка является элементарная замкнутая система (ЭЗС, рисунк).



Структурная схема элементарной замкнутой системы

Поток на входе ЭЗС будем характеризовать интервалами $\Delta\tau_{вх}(L)$ между поступлением L -той и $(L-1)$ -ой заготовками (это могут быть слитки,

ковши и т. д.); выходной поток – интервалами $\Delta\tau_{\text{вых}}(L)$ между обработанными заготовками.

Возмущения могут воздействовать на ЭЗС либо по Δ либо по заданному для L -той заготовки времени обработки $t_{\text{об}}(L)$. Изменения интервалов Δt вызываются колебаниями ритма работы предыдущего участка, изменения времени $t_{\text{об}}(L)$ – различной массой заготовок, различиями материала и т.д. Например, входной поток ЭЗС может представлять собой составы с изложницами, поступающие после погрузки в колотцы и остывания изложниц в цех подготовки составов (ЦПС) для обработки перед подачей в сталеплавильный цех.

Пусть ЦПС имеет N участков для обработки изложниц. Тогда, если для L -того состава $\Delta\tau_{\text{вх}}(L) > \Delta\tau_{\text{вых}}(L)$, мощности ЦПС будут простаивать в течение времени $t_{\text{ож}}$ в ожидании составов, при этом, $t_{\text{ож}}(L) > 0$, и к плановому времени $t_{\text{об}}$ прибавляется фактически добавочное время простоя $t_{\text{д}}$. Общее время, в течение которого любой участок из N занят обработкой очередного состава, будет равно $t_0(L) = t_{\text{об}}(L) + t_{\text{д}}(L)$.

В результате обработки составов на N участках ЦПС образуется выходной поток изложниц, готовых к подаче на разливку стали.

Особенность описываемых технологических участков заключается в том, что они могут работать в двух режимах: равномерном и неравномерном. Первый имеет место в случае, когда колебания времени $t_{\text{об}}$ меньше значения $\Delta\tau_{\text{вх}}$, и заготовки поступают на участок и покидают его в одном и том же порядке. Если же отклонения времени обработки $t_{\text{об}} > \Delta\tau_{\text{вх}}$, режим работы участка неравномерный. Например, если на участке, имеющем четыре агрегата, время обработки одной из заготовок по технологическим причинам возросло в 3,5 раза, то эта заготовка покидает участок, пропустив перед собой три, поступившие позже. При поступлении в ЭЗС даже одного возмущающего воздействия по $\Delta\tau_{\text{вх}}$ или $t_{\text{об}}$ увеличивающего время обработки, в системе возникают колебания, параметры которых в зависимости от величины и вида возмущения могут быть самыми разнообразными. Ввиду нелинейности ЭЗС в общем, виде их описать не удается.

Зададимся вопросом, как при этом возмущающие воздействия влияют на производительность технологического участка, которую будем характеризовать длительностью $T_{\text{ок}}$ обработки K заготовок. Назовем величину $T_{\text{ок}}$ плановым временем. Очевидно, производительность P участка в единицу времени будет равна $P = K/T_{\text{ок}}$, а $T_{\text{ок}} \geq \Delta\tau_{\text{вых}}(L)$.

Величину K следует выбирать исходя из наиболее характерной (сменной, суточной, месячной, годовой) производительности данного

технологического участка. Изучение влияния возмущений на величину $T_{\text{ок}}$ проводилось путем моделирования элементарных замкнутых систем на ПК.

При моделировании для получения более наглядных результатов вводили условие: если колебания в системе не затухают, величина K должна включать целое их число.

При исследовании изменений $\Delta\tau_{\text{вх}}(L) > 0$ моделировались три производственные ситуации: система находится под действием единичного отрицательного возмущения (уменьшающего $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$); единичного положительного возмущения (увеличивающего $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$); симметричных периодических возмущений.

В первой ситуации уменьшение интервала $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$ между поступлением на обработку L -той и $(L-1)$ -ой заготовок означает, что L -тая заготовка поступает раньше, чем освобождается агрегат, предназначенный для ее обработки, и создает, таким образом, запас. Плановое время $T_{\text{ок}}$ при этом не меняется, так как простои заготовок (за исключением ситуации, когда заготовки нагреты) не приводят к увеличению длительности обработки.

Во второй ситуации увеличивается интервал поступления на обработку L -той заготовки, что означает запаздывание заготовки и простои агрегата. Вследствие этого $T_{\text{ок}}$ возрастает на величину разности между интервалами поступления L -той заготовки и интервалом ритмичного поступления заготовок $\Delta\tau_{\text{вхр}}(L)$, т.е. $\Delta T_{\text{ок}} = \Delta\tau_{\text{вх}}(L) - \Delta\tau_{\text{вхр}}(L)$. Это равенство оказывается справедливым независимо от вида колебаний, возникающих под действием возмущения в системе.

Исследование различных видов возмущающих периодических колебаний показало, что для третьей ситуации определяющим является первый полупериод колебаний интервалов $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$ поступления заготовок на обработку. Если первый полупериод таков, что интервалы поступления заготовок повышаются, величина $T_{\text{ок}}$ возрастает на сумму $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$.

Если в течение первого полупериода интервалы поступления заготовок уменьшаются, это означает, что заготовки поступают чаще, чем освобождаются агрегаты. Создается их запас, обеспечивающий ритмичную работу участка в течение второго полупериода, когда заготовки начинают поступать реже. Длительность $T_{\text{ок}}$ остается неизменной.

При исследовании влияния на производительность возмущений по времени обработки заготовки $t_{\text{об}}(L)$ моделировались три производственные ситуации, аналогичные описанным выше. Оказалось, что единичные уменьшения или увеличения $t_{\text{об}}(L)$ в равномерном режиме работы не меняют планового времени $T_{\text{ок}}$, взя-

того за целое число периодов. Эти возмущения изменяют только вид последовательности $\Delta\tau_{\text{вых}}(L)$ увеличивая одни и уменьшая другие интервалы $\Delta\tau_{\text{вых}}(L)$. Положительное смещение δ_{10} компенсируется суммой отрицательных $-\delta_{11}-\delta_{12}$ так, что продолжительность обработки заготовок остается неизменной.

Увеличение времени обработки заготовки, изменяющее порядок выхода и при этом вызывающее неравномерный режим работы, приводит к повышению планового времени $T_{\text{ок}}$ на величину $\Delta T_{\text{ок}} = \Delta\tau_{\text{вхр}}(L) \cdot B_{\text{нл}}$, где $\Delta\tau_{\text{вхр}}(L)$ – интервал подачи заготовок при ритмичной работе участка; $B_{\text{нл}}$ – число нарушений очередности выхода заготовок. При периодических колебательных возмущениях последнее равенство преобразуется к виду

$$\Delta T_{\text{ок}} = \sum_{L=1}^K \Delta\tau_{\text{вхр}}(L) \cdot B_{\text{нл}},$$

где $B_{\text{нл}}$ – число нарушений очередности заготовок за счет увеличения продолжительности обработки L -той заготовки в процессе колебаний $\Delta\tau_{\text{об}}(L)$.

Моделирование работы производственных участков под действием неединичных импульсных и непериодических колебательных возмущений дало результаты, аналогичные изложенным выше, и позволило сделать вывод о том, что любые возмущения, изменяющие ритм подачи заготовок $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$ повышает плановое время $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$ на величину

$$\Delta T_{\text{ок}} = \sum_{L=1}^K \Delta\tau_{\text{вх}(+)}(L) - \sum_{L=1}^K \Delta\tau_{\text{вх}(-)}(L),$$

где $\Delta\tau_{\text{вх}(+)}(L)$ и $\Delta\tau_{\text{вх}(-)}(L)$ – соответственно интервалы поступления заготовок, вызывающие простой агрегатов и создающие запас; K – последовательность заготовок, на которой действует возмущение.

Любые изменения $t_{\text{об}}$, не нарушающие очередности обработки, не изменяют планового времени. Если очередность обработки нарушается, величина $\Delta T_{\text{ок}}$ определяется выражением

$$\Delta T_{\text{ок}} = \sum_{L=1}^K \Delta\tau_{\text{вхр}}(L) \cdot B_{\text{нл}},$$

где $B_{\text{нл}}$ представляет

собой число фактических нарушений последовательности (с учетом предыдущих возмущений). Для увеличения производительности участка (сокращения планового времени) необходимо одновременное и одинаковое уменьшение интервалов подачи заготовок $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$ и времени обработки $t_{\text{об}}$.

В заключение следует обратить внимание на то, что возмущающие колебания продолжительности обработки $t_{\text{об}}$ значительно опаснее колебаний ритма подачи заготовок на участок $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$. При колебаниях ритма периодически создается запас заготовок, который затем расходуется. Сокращение же $t_{\text{об}}$ (без соответствующего изменения $\Delta\tau_{\text{вх}}(L)$) вызывает только простой агрегата и не компенсирует дальнейшего увеличения времени обработки, которое, нарушая ритм выхода заготовок, каждый раз снижает производительность участка.

Выводы

Описаны режимы работы технологических участков. Произведена оценка влияния динамических возмущений на производительность технологических участков путем моделирования различных производственных ситуаций. Установлено, что при традиционных методах планирования и управления многие производственные системы при существующей структуре, не позволяют ликвидировать незатухающие колебания на выходе технологических участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург Е.Г. Законы и методология организации производственных систем. – Иваново: Ивановский государственный ун-тет, 1988. – 67 с.
2. Дж.Форрестер. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика): Пер. с англ. / Общ. ред. и предисл. Д.М. Гвишиани. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
3. Риггс Дж. Производственные системы: планирование, анализ, контроль. – М.: Прогресс, 1972. – 340 с.
4. Петров В.А., Масленников А.Н. Планирование гибких производственных систем. – Л.: Машиностроение, 1985. – 182 с.

Поступила в редакцию 5.02.2014
Рецензент: д.э.н., проф. В.В. Комирная

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДІЛЬНИЦЬ ЗАВОДУ З ПОВНИМ ЦИКЛОМ

Івлєв О.О.

В статті розглянуті наукові аспекти моделювання роботи технологічних дільниць заводу з повним циклом. Для дослідження динамічних зв'язків між технологічними операціями розроблена структурна модель. Моделюється послідовність технологічних процесів. В якості інструменту дослідження запропонована модель технологічної дільниці у вигляді елементарної замкненої системи. Кожна технологічна дільниця являє собою людино-машинний комплекс. Описані результати роботи технологічних дільниць. Розглянуті можливі режими роботи технологічних дільниць в умовах збуджених дій. Здійснене оцінювання впливу динамічних збуджень на продуктивність технологічних дільниць шляхом моделювання різноманітних виробничих ситуацій. Надані результати дослідження динаміки роботи виробничої системи. Встановлено, що наслідки збуджуючого впливу, зміни продуктивності дуже

часто інтуїтивно не передбачені і носять складний прихований характер.

Ключові слова: моделювання, збудження, управління, динаміка, ритмічність, елементарна замкнена система.

MODELING OF THE TECHNOLOGICAL SECTIONS' WORK OF THE PLANT WITH THE COMPLETE CYCLE

O.O. Ivlev

Scientific aspects of the modeling of the technological sections' work of the plant with the complete cycle are considered. For the research of dynamic connections between technological operations,

structural model was built up. Technological processes chain is being modeled. As the research instrument, the model of technological section in terms of elementary complete system is suggested. Each technological section represents a man-machine complex. The results of technological sections' work are described. Possible work regimes of processes' section are considered. The impact assessment of the dynamic disturbances on the productivity of technological sections, by means of different production situations modeling, was executed. The research results of the work of technological sections' dynamics were presented. It is found that the aftermath of the disturbance input, variation of productivity, are often intuitive unpredictable, complex and undetected.

Keywords: modeling, disturbance, operation, dynamics, regularity of pace, elementary complete system.