

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:
Бучаченко А.Л.
Гусев А.А.
Дегтярев Ю.И.
Елисеев В.А.
Иванов А.П.
Мальцева С.В.
Нефедов Е.И.
Шебалин И.Ю.
(заместитель главного редактора)

8
—
2011

УЧРЕДИТЕЛИ:
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля
1999 г. за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО «Издательство Машиностроение»

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. — зам.главного редактора
Гончарова Л.К. — научный редактор
Осипова В.Г. — научный редактор
Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 748 0290,
E-mail: ast@mashin.ru; http://www.mashin.ru

Адрес издательства:
107076, Москва,
Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 268 3858,
факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Абрамов В.Ф., Соколов В.Н. Механика взаимодействия режущего инструмента и материала в технологических операциях производств лёгкой промышленности	3
Чернов С.А. Автоматизация вычисления геометрических характеристик тонкостенного сечения	10

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образцов С.А., Панфилов Д.И. Реализация GSM шлюза для работы с беспроводными сетями на базе стандарта IEEE 802.15.4	14
Палочкин С.В., Сыромятников В.С., Гарсия Х.М., Орtega Росалес М.Г., Самора Кинтана Л.А. Оптимизация работоспособности транспортной системы на основе имитационного моделирования	20
Пухов А.С. Формирование материальных и информационных потоков в автоматизированных производственных системах	28
Шевцов А.А., Дранников А.В., Пономарёв А.В., Ситников Н.Ю. Алгоритм микропроцессорного управления параметрами культивирования автотрофных микроорганизмов	33

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Иванов А.П., Животовская О.А. Сбалансированная система показателей как механизм стимулирования труда персонала	36
Михалко Е.Р. Оптимизация распределения инвестиционных ресурсов для экономической безопасности производственных систем	42

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Оборот компании Softline по итогам 2010 финансового года в разы превысил рост ИТ-рынка	46
--	----

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов	47
-----------------------------	----

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298

Художественный редактор *Галицина Т.Н.*
Компьютерный набор *Путинов В.Н.*
Компьютерная верстка *Тугаринов А.А.*

Набрано в ФГУ “Научно-исследовательский институт –
Республиканский исследовательский
научно-консультационный центр экспертизы”
123995, Москва, ул. Антонова-Овсеенко, 13. Тел.: (499) 795 1789

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна
при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка
на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель**

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Abramov V.F., Sokolov V.N. Cutting tool and material interaction mechanics in the technological operation of the light industry production	3
Chernov S.A. Calculation automation of the thin-walled section geometrical behaviors	10

MODERN TECHNOLOGIES

Obraztsov S.A., Panfilov D.I. GSM gateway implementation for work with wireless networks from a standard IEEE 802.15.4	14
Palochkin S.V., Syromyatnikov V.S., Garsiya Kh.M., Ortega Rosales M.G., Samora Kintana L.A. Efficiency optimization of the transport system from a simulation modeling	20
Pukhov A.S. Material and informational streams forming in the automatic production systems	28
Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Ponomarev A.V., Sitnikov N.Yu. Parameters microprocessor-based control algorithm for autotrophic microorganisms cultivation	33

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Ivanov A.P., Zhivotovskaya O.A. Activities balance system as mechanism of the staff labour stimulation	36
Mikhalko E.R. Investment resource distribution optimization for production system economic safety	42

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

Turnover of the company Softline exceeded at times growth of the IT-market on the results 2010 fiscal year	46
--	----

SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review	47
--------------------------	----

Сдано в набор 30.05.11. Подписано в печать 27.07.11.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 534. Цена свободная

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск,
ул. Кирова, 15



УДК 685.31.05

В.Ф. Абрамов, д-р техн. наук, проф., **В.Н. Соколов**, д-р техн. наук, проф.
(Московский государственный университет дизайна и технологии)

mgalp.msk@g23.relcom.ru

МЕХАНИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И МАТЕРИАЛА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ ПРОИЗВОДСТВ ЛЁГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Изложены современные аспекты теории взаимодействия механического режущего инструмента и обрабатываемого материала в производственных процессах лёгкой промышленности. Рекомендации и аналитические зависимости могут быть использованы при создании технологического оборудования и дальнейшей разработке общей теории технологического резания лезвием.

Ключевые слова: режущий инструмент, исходный материал, взаимодействие, процессы лёгкой промышленности, аналитические зависимости, рекомендации.

Contemporary theory aspects of the mechanical cutting tool and machined material interaction in the light industry production processes are stated. Guidelines and analytical dependences may be used for technological equipment creature and general theory subsequent development of the technological cutting via a blade.

Key words: cutting tool, initial material, interaction, light industry processes, analytical dependences, guidelines.

В лёгкой промышленности большой объём исходных материалов обрабатывают механическим режущим инструментом, совершенствование которого весьма актуально. Одной из важных задач в этом направлении является разработка общей теории технологического резания лезвием. Актуальность задачи возросла с появлением раскройных автоматов и автоматизированных настилочно-раскройных комплексов.

В качестве механического инструмента, прежде всего для раскroя исходных материалов, используют резаки, ленточные, стержневые, дисковые и другие ножи, рабочей частью которых является лезвие, имеющее заострение в виде одностороннего, двустороннего или более сложной формы клина и режущую кромку различного профиля. Лезвие имеет угол заострения α_3 , образованный плоскостями клина остряя лезвия в плоскости, перпендикулярной режущей кромке. Для поверхностной обработки используется многолезвийный инструмент (фрезы, абразивные камни и полотна, металлические щётки). Наиболее универсальные и широко используемые ножи-лезвия представляют собой прямую, круговую либо иной формы пластину, имеющую клиновидное прямое или криволинейное острье, оканчивающееся режущей кромкой.

Выделим основные базовые разновидности технологического резания лезвием, которое основывается на кинематике, особенностях инструмента и процесса его взаимодействия с обрабатываемым материалом:

рубящее резание (рубка). При рубке режущая кромка лезвия расположена параллельно плоскости материала; скорость резания перпендикулярна режущей кромке (рис. 1);

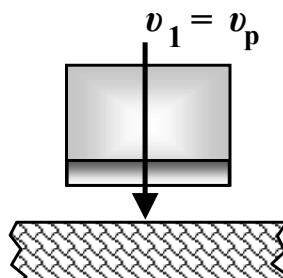


Рис. 1. Рубящее резание

наклонное резание. Режущая кромка расположена под углом к плоскости материала. Плоскость резания либо перпендикулярна, либо параллельна плоскости материала (рис. 2);

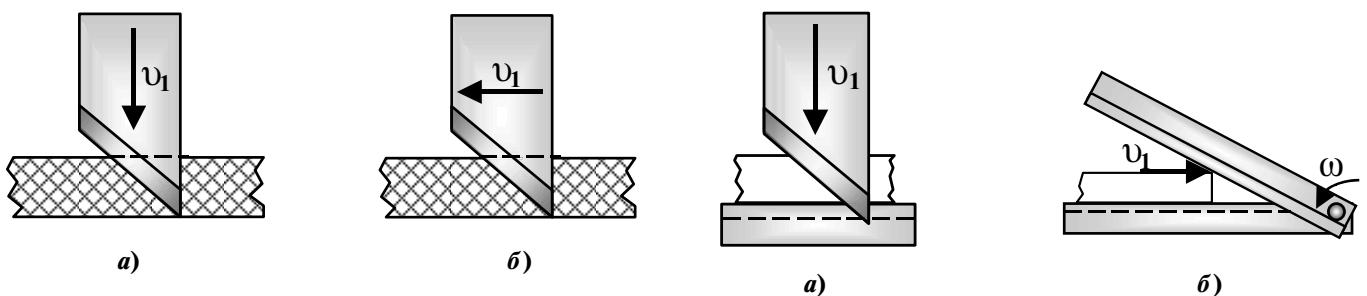


Рис. 2. Наклонное резание:

скорость перемещения ножа перпендикулярна плоскости материала (a) и параллельна плоскости материала (б)

скользящее резание. Характеризуется скоростью ножа (материала), перпендикулярной режущей кромке и скоростью ножа, направленной вдоль режущей кромки (рис. 3);

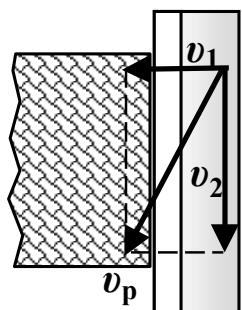


Рис. 3. Скользящее резание

пилящее резание (пиление). Остриё режущих зубьев полотна пилы внедряется в материал при одновременном движении полотна вдоль поверхности реза (возвратно-поступательном либо вращательном) (рис. 4);

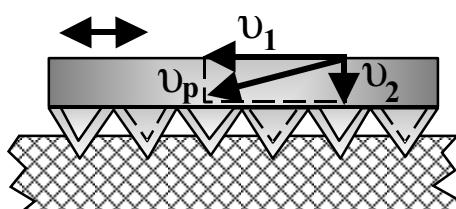


Рис. 4. Резание пилением

резание ножницами (двумя лезвиями). Взаимодействуют два прижатых друг к другу лезвия (рис. 5);

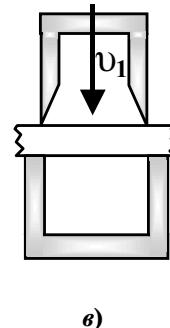


Рис. 5. Резание ножницами с поступательным перемещением одного из лезвий (а); с возвратно-поворотным движением одного либо обоих лезвий (б); штампом с противорежущей пластиной (в)

комбинированное резание. Характеризуется наличием признаков, относящихся к отмеченным выше разновидностям резания, при котором осуществляется либо макро-, либо микрорезание (поверхностное отделение) материала (рис. 6).

По своей сути технологическое резание лезвием является способом разделения (отделения) материала, связанным с направленным его разрушением по линии реза или по поверхности обработки (контакта), и поэтому взаимодействие лезвия и обрабатываемого материала является деформационно-силовым. Это взаимодействие определяется физико-механическими свойствами материала, способом резания, параметрами лезвия, скоростью резания и другими факторами. Разру-

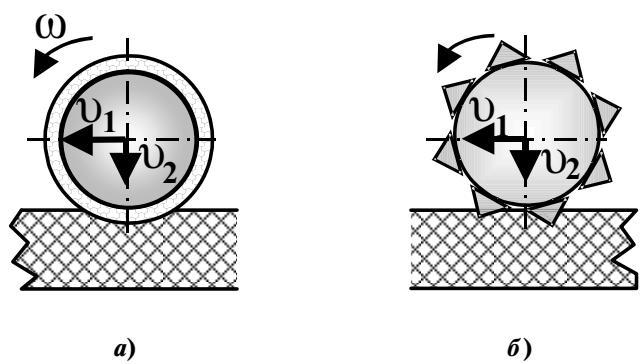


Рис. 6. Примеры абразивного резания (а) и фрезерования (б)

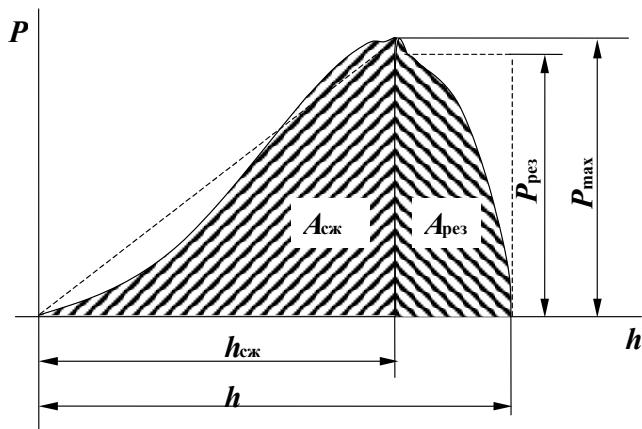


Рис. 7. Диаграмма резания настила материала

шение материала происходит непосредственно в месте его контакта с режущей кромкой. Опера-жающая трещина при резании лезвием не характерна и происходит только при обработке жёстких материалов (картон, жёсткая кожа и др.).

В лёгкой промышленности используются тек-стильные, кожевые и другие материалы, обла-дающие упруговязкими свойствами и анизотро-пией. По структуре многие из них являются волокнистыми. При резании подобных материалов лезвием, в общем случае, периоду непосредствен-ного резания (разделения) материала предшествует период его сжатия до возникновения разрушающего контактного напряжения σ_p (рис. 7) [1].

Для оценки характеристик взаимодействия режущего инструмента и материала, прежде всего усилия резания и разрушающего напряжения, необходимо знать деформационно-прочностные свойства обрабатываемых материалов, характер зависимости между напряжением и деформацией во взаимосвязи с продолжительностью воздейст-вия рабочего инструмента на материал, с учётом того, что используемые исходные материалы, в общем случае, не подчиняются закону Гука.

Проведённые исследования на примере настилов текстильных материалов показали существенную анизотропию их релаксационных свойств [2]. В процессе релаксации деформации настилов преобладает быстрая мгновенно-упругая дефор-мация с постоянной времени от 0,04 до 1,15 с. Доля высокоэластической составляющей с по-стоянной времени от 3 до 16 с в этом процессе незначительна. При расчёте длительности силовых воздействий на настилы материалов менее 0,5 с и построении адекватных физико-математи-ческих моделей процесса технологического резания настилов материалов следует учитывать мгновенный модуль упругости E_1 и постоянную времени быстрого процесса восстановления уп-

ругой деформации T_1 , а также явную анизотропию материала.

Существенной является значительная разница разрывного усилия текстильных материалов при нагрузке, действующей под разными углами к ос-нове ткани. Разрывное усилие по утку и основе может различаться в 2 раза и более. По данным работы [3] на рис. 8 показано изменение разрыв-ного усилия в зависимости от угла между осно-вой ткани и действующей нагрузкой.

Полученная аналитическая зависимость пред-ставлена в виде полиномиальной функции пятой степени

$$y = k_1 + k_2 x + \dots + k_n x^{n-1},$$

где y — усилие разрыва; x — угол между основой и направлением действующей нагрузки; $k_1 - k_6$ — ко-эффициенты ($k_1 = 553,2774171$, $k_2 = -35,3197198$, $k_3 = 1,7501399$, $k_4 = -0,0261188$, $k_5 = 0,0000597$, $k_6 = 0,0000007$); n — индекс коэффициентов.

Характерной особенностью волокнистых материа-лов является также значительная разность между разрушающими напряжениями при растяжении и сжатии. Так, например, для текстильных материалов ткани минимальное напряжение σ_p раст = 35,7 Н/мм², максимальное σ_c сж = 368 Н/мм².

При резании в контакте режущей кромки лез-вия и материала возникает сложное напряжение, в котором суммируются напряжения растяжения, сжатия, изгиба и сдвига [1]. При этом одно из этих направлений может превалировать. В итоге разрушающее напряжение σ_p является величиной переменной, зависящей от многих факторов, в том числе случайных, и тогда она подчиняется определённому закону распределения, в боль-

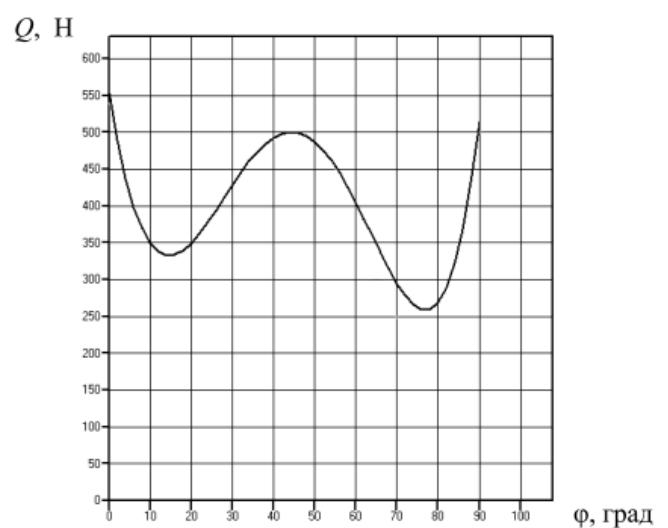


Рис. 8. Зависимость разрывного усилия от угла между направлением ниток основы и действием нагрузки

шинстве случаев нормальному. При этом разрушающее напряжение следует рассматривать не только как характеристику материала (настила), но и как характеристику процесса взаимодействия лезвия и материала.

Параметры лезвия (острия) также являются переменными величинами, подчиняющимися определённым законам распределения; разброс значений параметров происходит вследствие неточности изготовления и износа, а также кинематической трансформации (изменения) угла заострения (заточки) и режущей кромки при скользящем и наклонном резании [1].

Таким образом, вследствие указанных причин взаимодействие упруговязкого анизотропного материала и лезвия при технологическом резании является сложным процессом с переменными параметрами. Параметры этого вероятностного процесса подчиняются законам распределения случайных величин. При расчёте, исследовании и моделировании подобных процессов следует использовать методы теории вероятностей и математической статистики, а найденные параметры считать оценками.

Наряду с разрушающим напряжением σ_p определяющими параметрами деформационно-силового взаимодействия лезвия и материала являются усилие резания P_p и скорость резания v_p . Под скоростью резания подразумевается скорость режущей кромки лезвия в определённой точке в направлении резания – внедрения лезвия в материал [1]. В соответствии с этим плоскость резания определяется расположением угла резания и вектора скорости резания. На разных скоростях резания меняется модуль деформирования упруговязких материалов.

Характеристикой процесса резания является угол резания α_p , под которым происходит разделение (разведение) материала на острие лезвия за режущей кромкой. Значение этого угла определяется разновидностью резания, углом заострения лезвия, скоростью резания вдоль режущей кромки и углом наклона острия лезвия к направлению резания. Угол резания изменяется в пределах

$$0 < \alpha_p \leq \alpha_3,$$

где α_3 – угол заточки ножа.

Угол резания для наиболее распространённого плоского ножа-лезвия с вертикальной и наклонной режущими кромками (рис. 9) можно определить из формул

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_p}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+k^2}} (\cos \alpha_h + k \sin \alpha_h) \right];$$

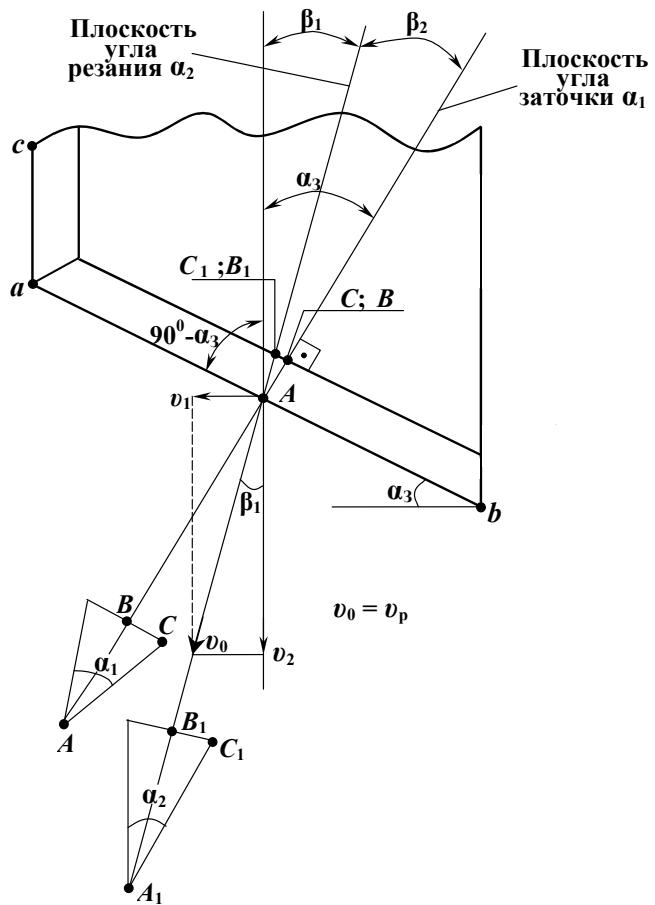


Рис. 9. Расчётная схема определения угла резания

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_p}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{k}\right)^2}},$$

где $k = \frac{v_1}{v_2}$; v_1 – горизонтальная скорость ножа (материала); v_2 – вертикальная скорость ножа.

Взаимодействие лезвия и материала (настила материала) происходит в плоскостях резания. Их положение определяется сечениями лезвия, в которых находятся вектор скорости резания и угол резания.

Усилие резания – сила, которую необходимо приложить к лезвию для преодоления сопротивления его внедрению в слой материала. Его значение определяется в первую очередь деформационно-прочностными свойствами материала.

Общее усилие резания P_p соответствует определённым периодам процесса резания. В большинстве случаев максимальное усилие резания возникает непосредственно при разделении материала лезвием. В работе [1] это усилие резания названо критическим:

$$P_p = P_{p, kp} = P_{p, max}.$$

При рассмотрении силового взаимодействия лезвия и материала выделяют усилие на режущей кромке, силу давления на плоскости острия лезвия и силу трения на боковых сторонах лезвия [1].

Схема сил, действующих на лезвие с острием в виде двустороннего клина и на боковые плоскости лезвия, показана на рис. 10.

Усилие резания определяем по формуле

$$P_p = l_{p,k} \left[\delta \sigma_p + E \frac{h_{cjk}^2}{h} \tan \frac{\alpha_p}{2} + \right. \\ \left. + 2f \left(\frac{h_{cjk}^2}{h} \frac{E}{4} \tan \frac{\alpha_p}{2} \sin \alpha_p + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} \frac{h_{cjk}^2}{h} \mu E \cos^2 \frac{\alpha_p}{2} \right) + f \mu E \frac{h_{cjk}^2}{h} \right],$$

где δ – ширина режущей кромки; $l_{p,k}$ – длина режущей кромки; E – модуль деформации; h_{cjk} – величина деформации материала; h – начальная толщина материала (высота настила); f – коэффициент трения лезвия о материал; μ – коэффициент Пуассона ($\mu=1$).

Для случая, когда $\mu \neq 1$, усилие обжатия боковых сторон и плоскостей острия клина лезвия определяется по формуле [1]

$$P_{cjk} = \frac{1}{\frac{1}{n} + 1} \left(\frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \tan \alpha_1 h_{cjk}^{\frac{1}{n}+1}.$$

При расчётах и моделировании общее усилие резания, приложенное к лезвию-ножу в момент начала непосредственного разделения (отделения) анизотропного упруговязкого материала, определяют из зависимости [4]

$$P_p = \frac{\delta l}{\cos \alpha / 2} \gamma \left[S_{\sigma_p} \sqrt{2} \left(\sum_1^6 (R-3) + m_{\sigma_p} \right) \right], \quad (1)$$

где δ – диаметр окружности, вписанной в контур режущей кромки – острота лезвия [1]; l – длина режущей кромки; γ – экспериментальный коэффициент, равный $0,4 - 0,8$; S_{σ_p} , m_{σ_p} – среднеквадратичное отклонение разрушающего напряжения σ_p и его среднее значение соответственно; R – случайное число, равное $(0-1)$.

Число реализаций случайного числа R , подчиняющееся равномерному закону распределения, может быть равно либо шести, либо 12 [5].

Особенностью резания лезвием анизотропного упруговязкого волокнистого материала является скольжение материала по кромке лезвия вследствие его перемещения с одной стороны кромки на другую [1]. Относительное скольжение материала и режущей кромки лезвия в плоскости резания – один из основных факторов, определяющих её изнашивание, в результате которого возникает ошибка положения режущей кромки. Значение изменения смещения режущей кромки вследствие периодической заточки (заострения) лезвия целесообразно суммировать с величиной износа и учитывать при расчёте.

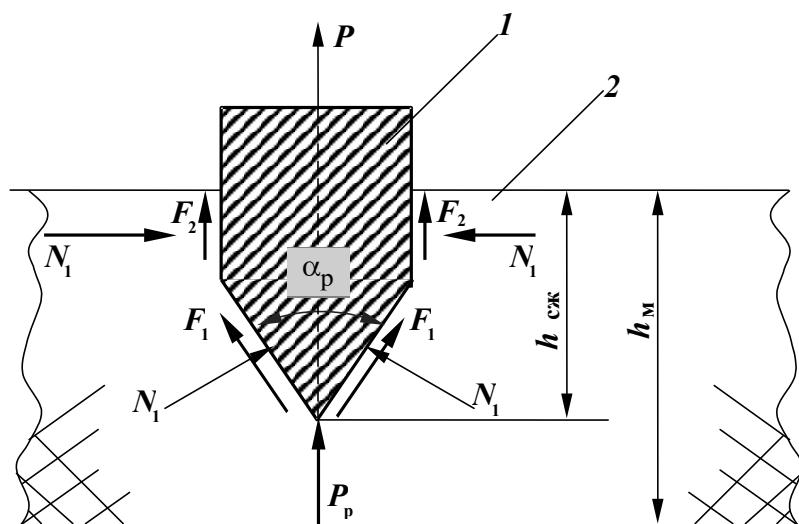


Рис. 10. Расчётная схема силового взаимодействия лезвия с материалом:
1 – лезвие; 2 – материал (настил)

Оценка среднего значения скорости скольжения $v_{ск.п}$ поперёк режущей кромки может быть проведена по зависимости

$$v_{ск.п} = \frac{\delta_{1\text{пр}} - \delta_{1\text{нач}} A}{2 \operatorname{tg} \alpha / 2 t k p_{kp}}, \quad (2)$$

где $\delta_{1\text{пр}}$ и $\delta_{1\text{нач}}$ – предельно допустимая и начальная острота лезвия; α – угол резания; A – среднее значение площади режущей кромки; t – время износа от значения $\delta_{1\text{пр}}$ до $\delta_{1\text{нач}}$ между заточками; k – коэффициент изнашивания; p_{kp} – среднее значение удельного давления в паре «режущая кромка – материал».

При скользящем резании происходит также относительное скольжение лезвия и материала вдоль режущей кромки. Скорость этого скольжения определяется скоростью перемещения лезвия. Например, при возвратно-поступательном движении раскройного ножа в плотных материалах и сильно уплотнённых настилах относительная скорость скольжения может быть принята равной скорости ножа вдоль его режущей кромки. При использовании кривошипно-ползунного механизма

$$v_{ск.в} = \omega r \frac{\sin(\phi_2 - \phi_1)}{\cos j_2},$$

где ω – угловая скорость кривошипа; r – радиус кривошипа; ϕ_1 и ϕ_2 – углы, определяющие положение кривошипа и шатуна механизма.

При моделировании технологических операций с использованием резания лезвием и для нахождения оценок параметров процесса его взаимодействия с материалом целесообразно использовать метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [6].

В случае отсутствия необходимых исходных данных числовые характеристики законов распределения случайных факторов могут быть оценены по их предельным значениям [7]. Тогда плотность распределения $f(\sigma_p)$ разрушающего напряжения в контакте с режущей кромкой лезвия и материала можно определить из выражения

$$f(\sigma_p) = \frac{1}{S_{\sigma_p} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\left(\sigma_p - \frac{\sigma_{p\max} + \sigma_{p\min}}{2}\right)^2}{2\left(\frac{\sigma_{p\max} - \sigma_{p\min}}{6}\right)^2}},$$

где $\sigma_{p\max}$ и $\sigma_{p\min}$ – максимальное и минимальное значения разрушающего напряжения.

Например, для ткани напряжение $\sigma_{p\max}$ равно разрушающему напряжению при сжатии, $\sigma_{p\min}$ – при растяжении.

Механический режущий инструмент нож-лезвие для раскрова исходного материала относится к изделиям массового производства. Ножи, особенно для раскройных автоматов, изготавливаются из высококачественных сталей и имеют достаточно высокую стоимость.

Раскройные ножи являются универсальным инструментом, предназначенным для обработки разнообразных по свойствам и составу материалов, раскрова настилов материалов с разными размерными параметрами и сопротивлением резания. Раскрай осуществляется в большом диапазоне изменения режимов обработки, что должно учитываться при определении технических параметров ножей. В процессе работы происходит износ ножей, что вызывает смещение режущей кромки ножа относительно оси его поворота и приводит к ошибке положения режущей кромки ножа относительно раскройного материала (рис. 11).

При повороте ножа на угол φ возникает ошибка положения режущей кромки:

$$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2},$$

где ΔX и ΔY – смещения режущей кромки ножа по осям X и Y соответственно.

Тогда вероятность безотказной работы ножа $P(t)$ при постоянной скорости резания определяется как вероятность того, что в пределах заданной наработки (длины линии реза) до переточки или времени работы ножа отказ не наступит.

Долговечность ножа определяется ресурсом – длиной резания либо продолжительностью работы ножа до предельно допустимого износа. Ресурс (срок службы) или наработка до отказа ножа при линейном законе изнашивания можно определить из формулы

$$T = \frac{U_{\max} - U_0}{v_i},$$

где U_{\max} – предельно допустимый износ ножа; U_0 – начальный износ либо приравненная к нему погрешность изготовления; v_i – скорость изнашивания.

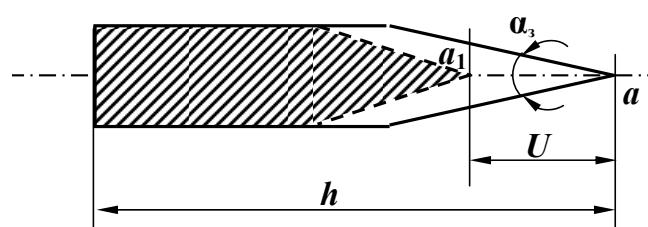


Рис. 11. Поперечное сечение раскройного ножа:

a – начальное положение режущей кромки;
 a_1 – положение режущей кромки при износе;
 U – смещение режущей кромки по оси ножа

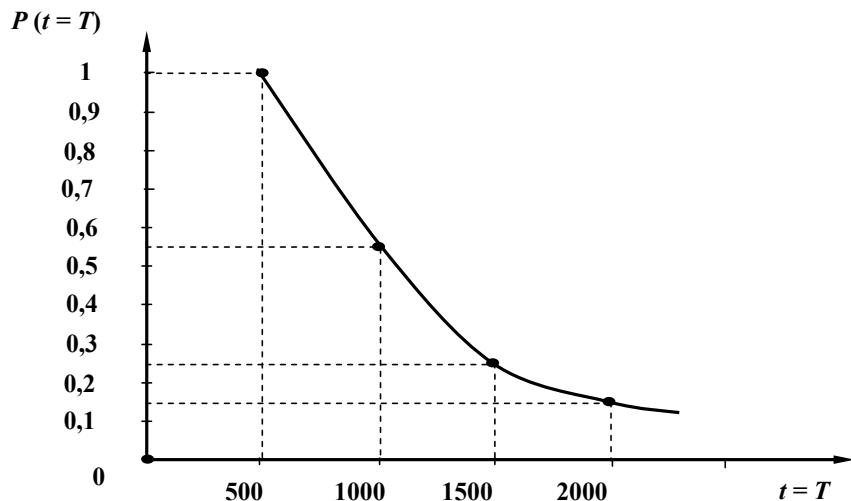


Рис. 12. Вероятность безотказной работы ножа

Таким образом, прогнозировать износ ножа можно по изменению величины $P(t)$ во времени, используя зависимость [8]:

$$P(t) = 0,5 + \varphi \left[\frac{U_{\text{пр}} - U_{\text{зат. сп}} - \sigma_{\text{и. зат}} T}{\sqrt{\sigma_{\text{и. зат}}^2 + \sigma_{\text{сп}}^2 T^2}} \right],$$

где $\sigma_{\text{и. зат}}$ – среднеквадратичное отклонение величины износа (смещения режущей кромки) от величины заточки.

Пример зависимости вероятности безотказной работы ножа $P(t)$ от наработки показан на рис. 12.

Изложенные положения статистической механики и моделирования технологического резания лезвием позволяют адекватно отразить в теории резания явления, происходящие при деформационно-силовом взаимодействии режущих инструментов и материалов, обладающих упруговязкими свойствами, и оценить параметры этого взаимодействия. На практике это даёт возможность определять оптимальные параметры режущих инструментов и режимы обработки материалов технологическим резанием.

Библиографические ссылки

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
2. Исследование вязкоупругих свойств текстильных настилов / В.Ф. Абрамов, А.Г. Бурмистров, В.Н. Соколов, Е.В. Литвин. Автоматизация и современные технологии. 2009. № 6. С. 7–10.
3. Зурабян К.М., Краснов Б.Я., Бернштейн М.М. Материаловедение изделий из кожи. Лёгкая промышленность и бытовое обслуживание. М.: Легпром, 1988. 415 с.
4. Абрамов В.Ф., Соколов В.Н., Литвин Е.В. Моделирование процесса силового взаимодействия лезвия и материала при раскрое настилов в лёгкой промышленности. Автоматизация и современные технологии. 2009. № 3. С. 3–5.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 575 с.
6. Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973. 285 с.
7. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надёжность машин. М.: Высшая школа. 1978. 238 с.
8. Проников А.С. Параметрическая надёжность машин. М.: Изд-во. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. 559 с.

Уважаемые читатели!

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При этом ссылка на журнал обязательна.

УДК 519.6:539.3

С.А. Чернов, канд. техн. наук
 (Ульяновский государственный технический университет)
 chernovcapital@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОСТЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Рассмотрена матричная форма способа интегрирования произвольных эпюр. Предложен и реализован алгоритм вычисления геометрических характеристик произвольного тонкостенного сечения как открытого, так и одноконтурного закрытого профиля. Приведена табуляграмма вычисления геометрических характеристик тонкостенного сечения.

Ключевые слова: тонкостенное сечение, геометрические характеристики, матрица, программа.

Matrix form of the arbitrary epure integration method is considered. Geometrical behaviors calculation algorithm of the arbitrary thin-walled section for opened and single-circuit closed shapes is proposed and implemented. Calculation tabulation of the thin-walled section geometrical behaviors is adduced.

Key words: thin-walled section, geometrical behaviors, matrix, program.

При расчёте стержневых систем одним из основных и трудоёмких этапов подготовки исходной информации является вычисление геометрических характеристик сечений стержней. Способ интегрирования произвольных эпюр [1] и его матричная форма наиболее приемлемы для вычисления геометрических характеристик тонкостенного сечения открытого профиля на ЭВМ.

Систему линейных алгебраических уравнений способа интегрирования произвольных эпюр в матричной форме можно представить следующим образом:

$$[T]\{X\} = \{P\};$$

$$[T] = \begin{bmatrix} \int_F x^2 dF & -\int_F yx dF & \int_F zx dF \\ \int_F xy dF & -\int_F y^2 dF & \int_F zy dF \\ \int_F xz dF & -\int_F yz dF & \int_F z^2 dF \end{bmatrix};$$

$$\{X\} = \begin{pmatrix} \alpha_y \\ \alpha_x \\ \beta \end{pmatrix}; \quad \{P\} = \begin{pmatrix} -\int_F \omega_0 x dF \\ -\int_F \omega_0 y dF \\ -\int_F \omega_0 z dF \end{pmatrix},$$

где $[]^T$ – транспонирование матрицы $[]$; α_x, α_y – координаты центра изгиба A сечения от полюса сек-

ториальных координат по направлению осей X, Y ; β – коэффициент, определяющий положение начальной точки M_0 отсчёта секториальных координат, если эпюра ω является эпюрай главных секториальных координат, т. е. построенной из центра изгиба тонкостенного сечения; x, y, z – эпюры линейных координат узлов; ω_0 – эпюра секториальных координат (площадей) узлов, построенная из произвольного полюса и произвольной точки отсчёта секториальных координат; F – площадь сечения.

Согласно правилу Симпсона–Корноухова, матрица $[T]$ и вектор $\{P\}$ вычисляются с помощью следующих выражений [2]:

$$[T] = [K]^T [L] [K] [E];$$

$$\{P\} = [K]^T [L] [R],$$

где $[K]$ – блочная матрица.

Чтобы уменьшить число вычислений при интегрировании в матрицах $[K_i]$, для всех узлов сечения рекомендуется принимать $z = 1$:

$$[K] = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ M \\ K_n \end{bmatrix}; \quad [K_i] = \begin{bmatrix} x_h & y_h & 1 \\ x_k & y_k & 1 \end{bmatrix},$$

где n, x_h, y_h, x_k, y_k – число участков дискретной расчётной схемы тонкостенного сечения, координаты начала и конца i -го участка соответственно.

Квазидиагональная матрица $[L]$ состоит из блоков матриц $[L_i]$:

$$[L] = \begin{bmatrix} L_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & L_n \end{bmatrix}; [L_i] = \frac{\delta_i l_i}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix};$$

$$l_i = \sqrt{(x_k - x_h)^2 + (y_k - y_h)^2},$$

где δ_i , l_i – толщина и длина i -го участка соответственно.

Матрица $[E]$ имеет вид

$$[E] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Вектор $\{R\}$ состоит из векторов $\{R_i\}$:

$$\{R\} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix}; \{R_i\} = \begin{bmatrix} \omega_{0h_i} \\ \omega_{0k_i} \end{bmatrix},$$

где ω_{0h_i} , ω_{0k_i} – секториальные координаты узлов начала и конца i -го участка.

Для формирования вектора $\{R_i\}$ необходимо построить вспомогательную эпюру ω_0 , что является довольно трудоёмкой задачей и требует определённых навыков.

В связи с этим в алгоритме задачи при численной его реализации предлагается исключить из исходных данных секториальные координаты ω_0 и вычислять их непосредственно в программе.

Секториальная координата узла – это удвоенная площадь фигуры, заключённая между начальным радиус-вектором и радиусом, приведённым из полюса в рассматриваемый узел. Если систему координат XY , полюс и точку отсчёта ω_0 расположить в первом узле расчётной схемы сечения, то ω_{0k} можно вычислять по линейным координатам узлов:

$$\omega_{0k} = \omega_{0h} + \det \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & x_h & y_h \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix}.$$

Раскрыв определитель, получим

$$\omega_{0k} = \omega_{0h} + \{x_h \quad x_k\} \begin{Bmatrix} y_k \\ -y_h \end{Bmatrix}.$$

Вычисление координат ω_{0k} и формирование вектора $\{R_i\}$ предлагается также выполнять в матричной форме:

$$\omega_{0k} = \{N\} \{H\}^T,$$

где $\{N\} = \{\omega_{0h} \ x_h \ x_k\}$; $\{H\} = \{1 \ y_k \ -y_h\}$.

Очевидно, для первого участка вектор $\{R_i\}$ будет

$$\{R_1\} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}.$$

Так как $\omega_{0h_i} = \omega_{0k_{i-1}}$, то формирование векторов $\{R_i\}$ для остальных участков сечения, т. е. для $2 \leq i \leq n$, можно выполнить по формуле

$$\{R_i\} = \begin{Bmatrix} \omega_{0h_i} \\ \omega_{0k_i} \end{Bmatrix} = [U_i] \{V_i\}^T,$$

$$\text{где } [U_i] = \begin{bmatrix} \omega_{0h_{i-1}} & x_{h_{i-1}} & x_{k_{i-1}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_{0h_i} & x_{h_i} & x_{k_i} \end{bmatrix};$$

$$\{V\} = \{1 \ y_{k_{i-1}} \ -y_{h_{i-1}} \ 1 \ y_{k_i} \ -y_{h_i}\}.$$

Вектор $\{W\}$ главных секториальных координат узлов по участкам сечения определяется по формуле

$$\{W\} = [D]\{S\}.$$

Матрица $[D]$ представляет собой объединённую матрицу, состоящую из матрицы $[K]$ и вектора $\{R\}$, а вектор $\{S\}$ образован присоединением к элементам вектора $\{X\}$ единицы снизу:

$$[D] = [K \quad R] = \begin{bmatrix} K_1 & R_1 \\ K_2 & R_2 \\ \vdots & \vdots \\ K_n & R_n \end{bmatrix}; \{S\} = \begin{Bmatrix} \alpha_y \\ -\alpha_x \\ \beta \\ 1 \end{Bmatrix}.$$

Секториальный момент инерции J_ω сечения вычисляется по формуле

$$J_\omega = \{S\}^T [D]^T [L] [R].$$

Согласно теории расчёта стержней закрытого (замкнутого) профиля, при вычислении геометрических характеристик закрытого сечения используется следующая секториальная координата $\hat{\omega}_0$:

$$\hat{\omega}_0 = \omega_0 - \frac{\Omega}{\oint \frac{dS}{\delta}} \int_0^S \frac{dS}{\delta},$$

где ω_0 – секториальная координата узла основной системы закрытого сечения (соответствующее открытое сечение); Ω – удвоенная площадь сечения; S – текущая координата по контуру сечения.

В связи с этим вычисление в матричной форме координаты $\hat{\omega}_{0k}$ конца участка можно будет выполнять по формуле

$$\hat{\omega}_{0k} = \omega_{0k} - I\{C\}\{D\}^T;$$

$$I = \frac{\Omega}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{l_i}{\delta_i}} = \frac{\Omega}{\{A\}\{B\}^T}; \quad \{C\} = \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \delta_1 & \dots & \delta_{k-1} \end{pmatrix};$$

$$\{D\} = \{l_1 \dots l_{k-1}\};$$

$$\{A\} = \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \\ \delta_1 & \dots & \delta_n \end{pmatrix}; \quad \{B\} = \{l_1 \dots l_n\}.$$

Вектор $\{R_i\}$ для участков закрытого сечения будет

$$\{R_i\} = \begin{pmatrix} \hat{\omega}_{0h_i} \\ \hat{\omega}_{0k_i} \end{pmatrix} = [Q_i]\{G_i\}^T,$$

$$\text{где } [Q_i] = \begin{bmatrix} \omega_{0h_{i-1}} & x_{h_{i-1}} & x_{k_{i-1}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \omega_{0h_i} & x_{h_i} & x_{k_i} \end{bmatrix};$$

$$\{Q_i\} = \{1 \ y_{k_{i-1}} \ -y_{h_{i-1}} \ 1 \ y_{k_i} \ -y_{h_i}\}.$$

Другие геометрические характеристики сечения вычисляются по соответствующим формулам.

На основе расчётной схемы сечения (см. рисунок) исходными данными для расчёта по программе [3] являются: число узлов и элементов (участков), линейные координаты узлов, матрица индексов, элементы которой – номера соответствующих узлов сечения, толщина элементов.

В программе используется безразмерная система единиц измерений, т. е. единицы измерений результатов расчёта будут в тех же единицах дли-

ны, что и выбранные расчётом (координаты узлов, толщина элементов); в тестовом примере единицы измерений длины – см. Все исходные данные выводятся на печать.

Ниже приведена табуляграмма вычисления геометрических характеристик тонкостенного сечения открытого профиля.

Геометрические характеристики сечения

Исходные данные

Узлов: 6

Элементов: 5

Координаты узлов

Узел	X	Y
1	0,00	0,00
2	4,00	0,00
3	4,00	8,00
4	12,00	8,00
5	12,00	0,00
6	16,00	0,00

Элемент	Матрица индексов	Толщина
1	1 2	0,50
2	2 3	0,50
3	3 4	0,50
4	4 5	0,50
5	5 6	0,50

Результаты расчёта

Площадь сечения: 16,000

Момент инерции при кручении: 1,333

Координаты центра изгиба

$$X = 8,000 \quad Y = 10,857$$

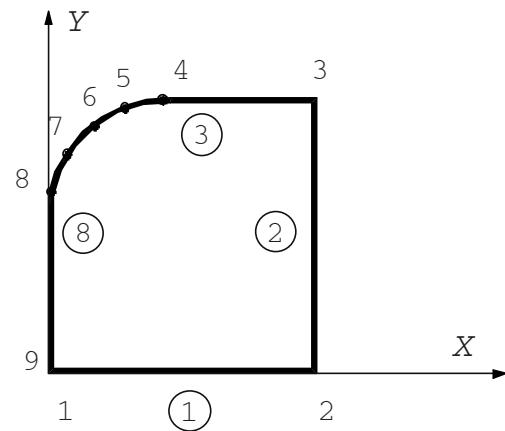
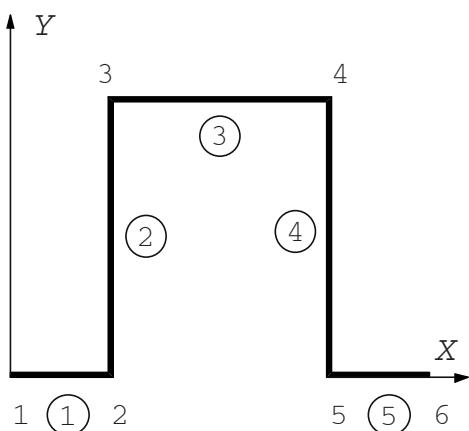
Направленный момент инерции: 0,000

Коэффициент искажаемости контура: 1,000

Секториальный момент инерции: 1657,895

Координаты центра тяжести

$$X = 8,000 \quad Y = 4,000$$



Примеры дискретных расчётов сечений:

1, 2, ..., 9 – номера узлов элементов сечения;
 ①, ②, ..., ⑧ – номера элементов

Моменты инерции относительно центральных осей

$$Ix = 170,666 \quad Iy = 298,666$$

$$Ixy = 0,000$$

Главные моменты инерции

$$Iu = 170,666 \quad Iv = 298,666$$

Угол поворота центральных осей

(+ поворот осей против часовой стрелки)

$$\text{Радиан} = 0,000 \quad \text{Градус} = 0,000$$

Координаты центра изгиба в главных осях

$$U = 0,000 \quad V = 6,857$$

Координаты узлов в главных осях

и главная секториальная координата W :

Узел	U	V	W
1	-8,000	-4,000	-22,857
2	-4,000	-4,000	20,571
3	-4,000	4,000	-11,429
4	4,000	4,000	11,429
5	4,000	-4,000	-20,571
6	8,000	-4,000	22,857

Моменты сопротивления сечения:

Узел	Wu	Wv	Ww
1	-42,667	-37,333	-72,533
2	-42,667	-74,667	80,592
3	42,667	-74,667	-145,066
4	42,667	74,667	145,066
5	-42,667	74,667	-80,592
6	-42,667	37,333	72,533

За границы элементов в расчётной схеме сечения принимаются узлы, в которых происходит изменение направления линии контура, а также изменение толщины элемента сечения. Если толщина элемента сечения переменная, то она меняется на ступенчато-переменную толщину по его длине.

Криволинейные части контура заменяются прямолинейными. Нумерация элементов и последовательность номеров (начало – конец) узлов соответствуют последовательности прохождения радиус-вектора по узлам расчётной схемы сечения.

При вычислении геометрических характеристик сечения закрытого профиля отличия заключаются в следующем: первый и последний узлы совпадают, а нумерация узлов и элементов выполняется против часовой стрелки, т. е. в соответствии с принятым положительным направлением движения радиус-вектора.

Матричная форма способа интегрирования произвольных эпюр позволяет вычислять геометрические характеристики произвольного тонкостенного сечения открытого и одноконтурного закрытого профиля и строить эффективные вычислительные алгоритмы при минимуме исходных данных и их простоте.

Библиографические ссылки

1. **Бычков Д.Б.** Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций. М.: Госстройиздат, 1962. 475 с.

2. **Вычисление** геометрических характеристик произвольного тонкостенного сечения открытого профиля на ЭВМ / А.А. Захаров, А.Н. Черный. М.: Деп. НИИ-Навтопром, Д367, 1979. 5 с.

3. **Свидетельство РФ** об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005610795. Вычисление геометрических характеристик произвольного тонкостенного сечения открытого и закрытого профиля / С.А. Чернов, Е.М. Булыжев. Заявитель и правообладатель Ульян. гос. техн. ун-т. № 2005610202; заявл. 8.02.2005; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 6.04.2005.



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ "МАШИНОСТРОЕНИЕ"

ТОМ IV-18. "КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ"

Ю.А. Рундигин, Е.Э. Гильде, А.В. Судаков.

Под ред. Ю.С. Васильева, Г.П. Поршнева

2009. – 400 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03417-8

Цена 1100 р.

Приведены виды и характеристики энергетических топлив, особенности процессов их горения и методы снижения вредных выбросов котельных установок.

Рассмотрены основы теплового расчета котлов, топочных камер, горелочных устройств, гидродинамики пароводяного тракта и аэrodинамики котла, конструктивные особенности его элементов, а также вспомогательного оборудования котельных установок.

Проанализирована эффективность циклов паротурбинных и парогазовых установок с энергетическими котлами и котлами-utiлизаторами.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 004.738

С.А. Образцов, Д.И. Панфилов, д-р техн. наук, проф.

(Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»)

sergey.obraztsov@gmail.com

**РЕАЛИЗАЦИЯ GSM ШЛЮЗА ДЛЯ РАБОТЫ С БЕСПРОВОДНЫМИ СЕТИМИ
НА БАЗЕ СТАНДАРТА IEEE 802.15.4**

Рассмотрены вопросы создания GSM-шлюза, поддерживающего альтернативные стеки протоколов на базе IEEE 802.15.4, с использованием готового стандартного оборудования.

Ключевые слова: ZigBee, IEEE 802.15.4, GSM, GPRS, шлюз, автоматизация, промышленные сети, беспроводные сети, стеки протоколов.

GSM gateway creature questions for maintenance of the alternative protocol stack from a standard IEEE 802.15.4 through the use of ready standard equipment are considered.

Key words: ZigBee, IEEE 802.15.4, GSM, GPRS, gateway, automation, industrial networks, wireless networks, protocol stack.

Беспроводные сети на базе стандарта IEEE 802.15.4, в том числе и ZigBee, находят широкое применение в различных сферах дистанционного мониторинга и управления [1, 2]. Так, одним из перспективных применений радиосетей IEEE 802.15.4 в жилом секторе ЖКХ является создание беспроводной сети устройств учета потребляемых ресурсов, объединяющей не только электросчетчики, но и счетчики воды и газа. В общественных и административных зданиях радиосети IEEE 802.15.4 с успехом конкурируют с проводными сетями на базе физического стандарта RS-485 в сфере автоматизации зданий.

Сети IEEE 802.15.4, являясь персональными радиосетями WPAN, не позволяют передавать данные на расстояние свыше 100 м в помещении и свыше 500–1000 м на открытой местности без использования промежуточных узлов. Поэтому для удаленного мониторинга и управления сетью необходимо использовать иные технологии передачи данных. В настоящее время наибольшую зону покрытия имеют сети цифровой мобильной связи GSM, поэтому их целесообразно использовать для организации удалённого доступа к WPAN сети. По этой причине при разработке систем удалённого мониторинга и управления с использованием сетей на базе стандарта IEEE 802.15.4 практически всегда возникает задача применения GSM-шлюза.

Присутствующие на рынке готовые решения (например, Интернет-шлюзы ConnectPort X [3]

компании Digi) имеют высокую стоимость из-за чрезмерной избыточности, так как построены на базе 32-разрядного микроконтроллера ARM и, помимо GSM-модуля, содержат также Wi-Fi-модуль и интерфейс Ethernet. Кроме того, интернет-шлюзы ConnectPort X работают с проприетарной сетью DigiMesh и сетью ZigBee только лишь через встроенный API-интерфейс модулей XBee Series 1 и XBee Series 2 соответственно. Модули XBee имеют закрытое программное обеспечение и не позволяют загружать на прикладной уровень стека пользовательские приложения, поэтому для создания конечных устройств с поддержкой сети DigiMesh приходится использовать внешний микроконтроллер, что, в конечном счете, удорожает разработку. Стек ZigBee построен на базе стандарта IEEE 802.15.4, дополняя его протоколами сетевого и прикладного уровней (рис. 1). Преимуществом стека ZigBee является его открытость и совместимость аппаратных и программных средств разных производителей. Однако его применение во многих приложениях нецелесообразно [4]. Дело в том, что идеи универсальности, автоматизации процессов конфигурирования сети, а также ориентация на технологии «умного дома», заложенные в стеке ZigBee, в ряде случаев являются недостатком.

В приложениях со сверхнизким потреблением электроэнергии основным недостатком сетей ZigBee является постоянная работа полнофункциональных узлов (FFD) в режиме приёма, в то

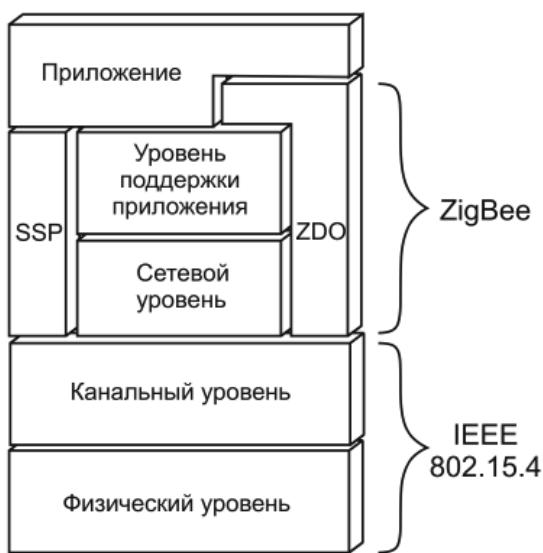


Рис. 1. Структура стека ZigBee (SSP – сервис безопасности, ZDO – объект устройства ZigBee, обеспечивающий работу узла в сети)

время как входящие в режим энергосбережения оконечные узлы с ограниченной функциональностью (RFD) не могут ретранслировать пакеты по сети.

В промышленной автоматизации к наиболее критичным параметрам относятся детерминированная задержка и детерминированная надёжность. Стандарт IEEE 802.15.4 определяет два метода доступа к общей среде: случайный доступ с оценкой занятости канала CSMA-CA и механизм предоставления гарантированных тайм-слотов

(GTS) для обеспечения гарантированной передачи информации. Однако в сетях ZigBee используется только лишь метод CSMA-CA, не гарантирующий конечное время доставки пакета. Функция детерминированной надёжности позволяет установить гарантированный канал связи между двумя узлами. Одной из основных причин нарушения связи являются помехи от передатчиков частотного диапазона 2,4 ГГц, в частности от узлов сети Wi-Fi [4]. Поскольку данные помехи имеют другой тип модуляции, они носят случайный характер. Протокол WirelessHART использует для передачи все 16 частотных каналов с оценкой их зашумлённости, что существенно увеличивает вероятность доставки пакета. Кроме того, стек ZigBee не имеет встроенных механизмов обновления программного обеспечения узлов сети по радиоканалу. Данная функция очень важна практически во всех промышленных применениях, поэтому ее реализацию приходится выполнять дополнительно [5].

Для создания простейших закрытых беспроводных сетей ZigBee является избыточным, поскольку предъявляет повышенные требования к аппаратным средствам. Поэтому в ряде случаев целесообразно использовать иные протоколы, также построенные на базе стандарта IEEE 802.15.4, такие как MiWi, ISA-100, Wireless HART, простейшие протоколы собственной разработки, а также операционные системы для сетей датчиков TinyOS, Nano-RK, ERIKA Enterprise и другие (табл. 1, 2).

GSM-шлюз должен учитывать особенности применяемого стека протоколов или работать на канальном уровне с пакетами IEEE 802.15.4.

Таблица 1

Сравнение стеков протоколов, построенных на базе стандарта IEEE 802.15.4

Характеристика	MiWi	ZigBee	Wireless HART	ISA-100
Требования к памяти	4–10 K flash	40–100 K flash	34 K flash, 10 K RAM	< 128 K
Поддержка многоячейковых сетей	+ (длина маршрута – не более 4 узлов)	+	+	+
Масштабируемость на сверхбольшие сети	–	+	+	+
Детерминированная задержка	–	–	+	+
Детерминированная надёжность	–	–	+	+
Встроенные функции безопасности	–	+	+	+

Таблица 2

Сравнение операционных сетей для беспроводных сетей датчиков

Характеристика	TinyOS	Nano-RK	ERIKA Enterprise	Contiki	LiteOS
Лицензия	Свободная BSD	Свободная GPL или коммерческая	Свободная GPL linking exception	Свободная BSD	Свободная BSD
Аппаратная платформа	MicaZ (AVR / CC1000), MSP430 / CC2420, TDA5250, RF212, RF230	MicaZ, FireFly (AVR / CC2420)	PIC24, dsPIC33, dsPIC30, AVR, Altera Nios II, ARM7TDMI / Digi XBee, Atmel IEEE802.15.4, Zigbee	Tmote, AVR, MSP430 / CC2420, RF230	MicaZ
Многопоточность	Невытесняющая	Вытесняющая	Вытесняющая и невытесняющая	Вытесняющая и невытесняющая	Вытесняющая
Архитектура	Событийная	Многопоточная	Многопоточная с поддержкой событий	Событийная с поддержкой многопоточности	Многопоточная с поддержкой событий
Удаленная отладка	+	—	—	—	+
Удаленное обновление ПО	+ (только целый образ)	—	—	+	+ (прикладной уровень)
Стратегия минимизации потребления	Переход в спящий режим после обработки события	Ограничение суммарной потребляемой мощности CPU, сети и датчиков	—	Профили энергопотребления	Резервирование энергии в батарее для каждого приложения
Требования к памяти	3,5 K flash, 200 байт RAM	10 K flash, 2K RAM	1–4 K flash, 200 байт RAM	40 K flash, 2 K RAM	128K flash, 4K RAM
Конфигурация	Статически скомпилированная	Статически скомпилированная	Статически скомпилированная	Динамически связываемые библиотеки	Динамическая
Файловая система	Одноуровневая	—	—	Одноуровневая	Иерархическая Unix-подобная
Встроенная поддержка периферии	АЦП, UART, управление питанием, таймеры, порты	АЦП, датчики FireFly, UART, управление питанием, таймеры, порты	UART, таймеры, порты	UART, USB, таймеры, порты	UART
Дополнительные возможности	Компонентная модель	Статистика потоков	Поддержка многопроцессорности, объединенный стек, поддержка GTS	Поддержка IPv6, графический интерфейс, загрузка по сети	Удалённая консоль, сетевая файловая система
Топология	Многоячейковая сеть	Звезда, частично многоячейковая сеть	Использует стек Open-ZB	Многоячейковая сеть	Многоячейковая сеть

В последнем случае обработку пакетов верхних уровней производит программное обеспечение сервера, к которому подключается GSM-шлюз. Однако в большинстве практических применений GSM-шлюз оказывается совмещённым с координатором сети, который должен обеспечивать её функционирование и при потере связи с сервером. Поэтому разработанное программное обеспечение шлюза необходимо адаптировать к каждому конкретному стеку протоколов беспроводной сети WPAN. Авторами предпринята попытка создания универсальной платформы шлюза, легко адаптируемой к использованию различных протоколов на базе стандарта IEEE 802.15.4.

В шлюзе сходятся потоки информации с различающимися на несколько порядков скоростями: пакеты данных WPAN сети, пакеты данных, принятые от GSM-модема, команды управляющего алгоритма, пакеты сети Modbus и пр.. Поскольку все интерфейсы шлюза работают с различными скоростями, для наилучшего использования ресурсов аппаратных средств программное обеспечение должно работать в многозадачном режиме, т. е. вместо ожидания ответа какого-либо

интерфейса следует переключаться на работу со свободным интерфейсом, получая ответы асинхронно. При этом существенно возрастает пропускная способность шлюза. Подобное ПО достаточно легко реализуется с помощью механизма очередей. Очередь представляет собой массив указателей на пакеты данных с идентификатором сообщения. Обработчик очереди последовательно извлекает из неё сообщения и обрабатывает их в соответствии с идентификатором. В случае занятости интерфейса, для которого предназначен входящий в сообщение пакет данных, сообщение переносится в конец очереди. Для обозначения занятости интерфейса используются двоичные семафоры – мьютексы. Таким образом, очередь является центральным элементом аппаратно-программной модели шлюза (рис. 2).

Использование очереди позволяет не только асинхронно передавать данные из одного интерфейса в другой, но и обмениваться асинхронными сообщениями между различными объектами аппаратно-программной модели. Предлагаемый механизм очередей позволяет реализовать невытесняющую многозадачность простыми средствами.

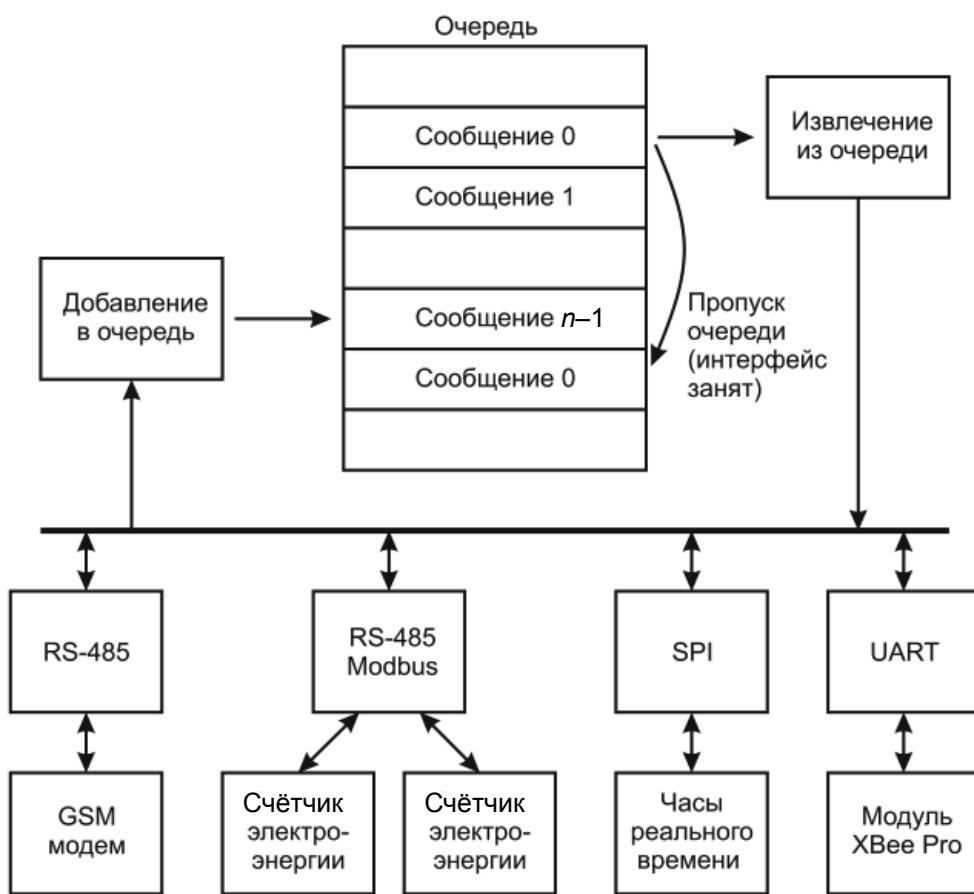


Рис. 2. Аппаратно-программная модель шлюза

XBee Pro представляет собой функционально законченный модуль на базе платформы MC13213 компании Freescale Semiconductor со встроенным ПО, достаточным для построения самостоятельной сети. Однако выше было отмечено, что в ряде случаев встроенный стек протоколов является либо избыточным, либо имеет особенности, не позволяющие использовать его для конкретного применения. Одной из недокументированных возможностей модуля XBee Pro является возможность перепрограммирования встроенного микроконтроллера с помощью стандартных средств отладки и программирования, например Multilink компании P&E Micro, позволяющая загрузить в радиомодуль стандартный стек протоколов сети WPAN.

Таким образом, разработчик может использовать готовый модуль XBee / XBee Pro в качестве аппаратной платформы с любым стеком протоколов, не ограничиваясь предлагаемым компанией Digi решением. Также следует отметить, что при необходимости создания простых устройств с радиоканалом становится возможным интегрировать функции управления устройством и функции радиосвязи в одном кристалле, в то время как использование стандартного API подразумевает разделение этих функций между радиомодулем и контроллером устройства.

Для упрощения разработки шлюза использован функционально законченный GSM-модем RM/D компании Аналитик-ТС [6]. Модем RM/D выполнен в промышленном исполнении с диапазоном рабочих температур от -40 до $+70$ °C и двумя SIM-картами: основной и резервной. GSM-модем позволяет передавать данные тремя различными способами: SMS сообщениями, через канал голосовой связи с помощью технологии CSD и с использованием пакетной передачи данных GPRS. Тарифная политика подавляющего большинства мобильных операторов построена таким образом, что канал GPRS имеет наименьшую стоимость переданного байта данных, поэтому наиболее целесообразно использовать именно его [6].

Модем RM/D имеет встроенное ПО, позволяющее автоматически подключаться к удалённому серверу в сети Интернет и с помощью простейшего протокола обмениваться данными между сервером и шлюзом. В документации модема подробно описаны процедуры инициализации и настройки модема. Следует лишь отметить, что для снижения финансовых затрат на оплату услуг связи можно подключать модем к серверу либо, как предлагают разработчики модема, периодически через установленный интервал времени, либо по запросу шлюза. В последнем случае для разрыва соединения используются стандартные AT-команды.

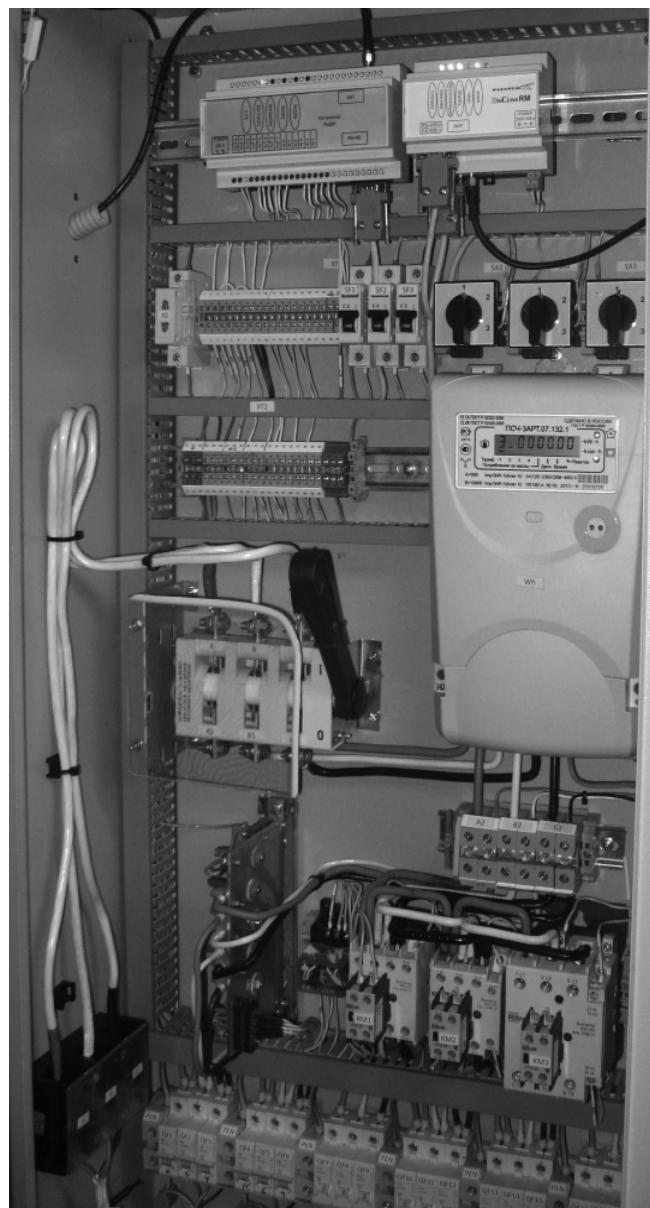


Рис. 3. Вводно-распределительный шкаф системы уличного освещения

Другими источниками сообщений могут являться часы реального времени, различные дискретные исполнительные устройства, информационные устройства, подключаемые через проводной интерфейс RS-485, а также управляющая программа. Функциональность шлюза легко расширяется добавлением новых идентификаторов в обработчик очереди сообщений.

Для разработки программного обеспечения шлюза можно использовать визуальное средство разработки Processor Expert интегрированной среды CodeWarrior компании Freescale Semiconductor. Средство Processor Expert позволяет разработчику не только исключить рутинную процедуру инициализации регистров микроконтроллеров,

но и полностью абстрагироваться от специфики аппаратной платформы с помощью мощного API. Для работы с периферией программист подключает и настраивает программные модули — драйверы, предоставляющие интерфейс к определённому компоненту процессора. При этом, в случае противоречивого конфигурирования периферии, экспертная система сообщает пользователю о недопустимости выбранных режимов и предлагает возможные варианты установок. Это позволяет выявить ошибки инициализации микроконтроллера на ранних стадиях разработки, что в ряде случаев значительно облегчает и ускоряет отладку программного обеспечения. Доступ к функциональности периферии осуществляется вызовом API-функций и обработкой событий, одинаковых для всех типов используемых микроконтроллеров, что обеспечивает возможность лёгкого переноса разработанного программного обеспечения с одного микроконтроллера на другой. Таким образом, используя визуальный инструмент Processor Expert со встроенной экспертной системой, программисту нет необходимости детально разбираться в тонкостях каждого конкретного микроконтроллера, что значительно ускоряет процесс разработки и отладки.

Описанный в статье шлюз применён в интеллектуальной системе управления уличным освещением — в качестве блока группового управления в составе вводно-распределительного шкафа наружного освещения (рис. 3). Управление светильниками осуществляется с помощью беспроводной сети на основе IEEE 802.15.4 с сетевым и прикладным уровнями протоколов собственной разработки.

Помимо основных функций шлюза блок группового управления также осуществляет автоматическое управление режимами работы светильников по часам реального времени и информации с датчиков освещённости и интенсивности движения, производит последовательный опрос всех узлов сети с целью выявления отказов источников питания или осветительных приборов, проводит диагностику сети в случае ошибок распространения пакетов по сети, управляет коммутационной аппаратурой и обеспечивает контроль несанкционированного доступа в распределительный шкаф. Удалённое управление системой освещения производится в диспетчерском пульте с помощью управляющей программы со встроенной геоинформационной системой, отображаю-

щей на карте местоположение светильников, режим их работы и наличие неисправностей.

Таким образом, рассмотрен пример практического построения и применения шлюза, в котором вместо стека протоколов ZigBee возможна реализация других существующих протоколов или их модификаций, а также сенсорные операционные системы, которые в специальных приложениях имеют неоспоримые преимущества перед ZigBee: пониженное энергопотребление, детерминированные задержки и надёжность, низкие требования к аппаратным ресурсам, возможность обновления ПО по радиоканалу, поддержка многозадачности и т. д. Показано, что отсутствие стандартных решений для сопряжения таких стеков с протоколами сети Интернет не является тормозом при внедрении подобных систем. Описан процесс разработки шлюза на базе готовых аппаратных средств с использованием доступных средств автоматизации разработки программного обеспечения. При этом за счёт использования рассмотренной программной модели и исключения неиспользуемых аппаратных средств: интерфейса Ethernet и Wi-Fi модуля — удалось реализовать шлюз на 8-разрядном микроконтроллере и значительно снизить стоимость конечного изделия.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы» (проект 2008-6-2.6-31-01-004).

Библиографические ссылки

1. Панфилов Д., Соколов М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4 // Электронные компоненты. 2004. № 12. С. 73–79.
2. Денисенко В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия–Телеком, 2009.
3. Пушкарев О. Построение ZigBee-сети с выходом в Ethernet // Беспроводные технологии. 2008. № 2. С. 40–42.
4. Ван Дирдонк Н. Сетевые стандарты беспроводных сетей с малым энергопотреблением // Электронные компоненты. 2009. № 3. С. 71–73.
5. Дмитриенко А. Обновление программного обеспечения удаленных узлов в ZigBee-сетях // Беспроводные технологии. 2008. № 3. С. 28–33.
6. Дианов И.В. M2M: использование GSM-сетей для передачи данных в территориально распределенных технологических системах // Вестник связи. 2009. № 10. С. 14–18.

УДК 519.87:656

С.В. Палочкин, д-р техн. наук, проф., **В.С. Сыромятников**, канд. техн. наук, доц.
 (Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина),
Х.М. Гарсия, д-р, **М.Г. Орtega Росалес**, магистр, **Л.А. Самора Кинтана**, магистр
 (Университет Гвадалахары, Мексика)

palings@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исследовано соотношение между производительностью выпуска продукции, скоростью конвейера и грузоподъёмностью автотранспорта, с одной стороны, и показателями системы, такими как объём выпуска продукции за смену, время цикла движения грузовиков, пропускная способность и мощность привода конвейера – с другой. Рассмотрены вопросы планирования компьютерного эксперимента и глобальной оптимизации показателей транспортной системы.

Ключевые слова: оптимизация, транспортная система, конвейер, имитационное моделирование.

Correlation between production output productivity, conveyor speed and motor transport load carrying capacity, on the one hand, and system activities namely shift production output dimension, truck movement cycle time, throughput capability and conveyor drive power, on the other hand, is research. Questions of the computer experiment planning and global optimization of the transport system activities are considered.

Key words: optimization, transport system, conveyor, simulation modeling.

Введение. В массовом производстве широко используют транспортные системы конвейерного типа. Из-за больших объёмов выпуска продукции, сложности технологических переходов, несопряжённости оборудования и других причин ритм производства может колебаться в широких пределах. В результате поток материалов между отдельными рабочими участками становится неравномерным, вызывая в отдельных случаях простои оборудования. Для выравнивания движения материалов и устранения возможных перебоев производства транспортные системы оснащают конвейерами-накопителями с цепями Rex [1]. В статье предложен виртуальный метод исследования и оптимизации работоспособности транспортной системы с таким конвейером. Цепи REX имеют высокую прочность и низкий коэффициент трения. Благодаря этому движение грузов может быть прекращено в любой точке траектории движения без остановки конвейера. Между цепями и основаниями неподвижных грузов возникают силы трения скольжения, которые увеличивают нагрузку на цепи. Однако прочность цепей REX достаточна даже при накоплении большого количества грузов. Возможность гибко реагировать на требования технологического процесса (подавать грузы или накапливать) создаёт большие преимущества для производств с неравномерным рабочим циклом.

Разработка конвейера как элемента транспортной системы, которая содержит много других машин, технологических и транспортных, намного сложнее, чем проектирование отдельного конвейера. В настоящее время проблема может быть решена по-разному, в том числе с помощью моделирования транспортной системы и имитации её работы на компьютере.

Имитационное моделирование всё больше используется для исследования конвейерных систем благодаря быстрому совершенствованию языков и систем моделирования. Ramiro Fuentes Ayala разработал имитационную модель транспортировки обуви на фабрике MANACO (Боливия) и определил уровень работоспособности замкнутого ленточного конвейера [2]. А.Ю. Михалишин и П.В. Гречишkin построили имитационную модель системы конвейеров для исследования сетей подземного транспорта [3]. Quli Yu и др. применили пакет моделирования Pro-Model для оценки производительности сборочной линии и определения максимальной скорости конвейера в условиях случайных нарушений в процессе сборки на автомобильном заводе США [4]. Marcelo Moretti Fioroni и др. использовали систему ARENA для исследования конвейерной линии на сталелитейной фабрике COSIPA в Бразилии для анализа потоков материала методом их дискретизации [5].

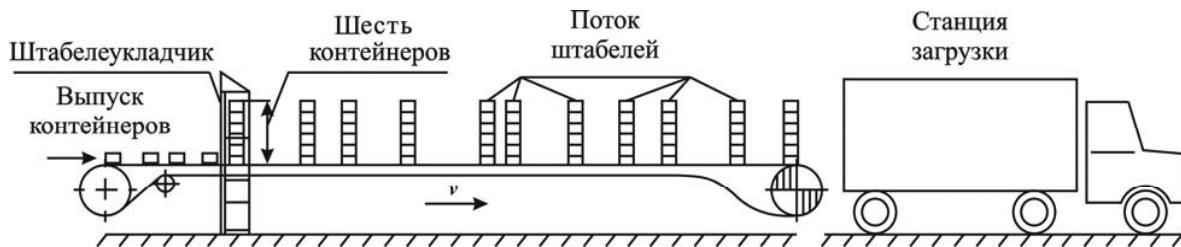


Рис. 1. Схема транспортной системы

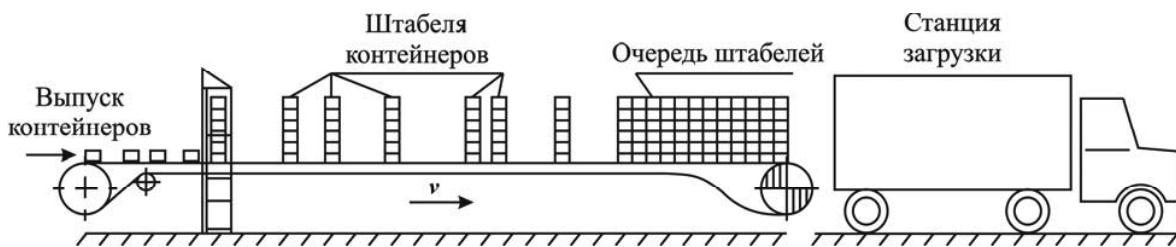


Рис. 2. Накопление штабелей контейнеров и их загрузка в грузовик

В настоящей статье поставлена и решена задача глобальной оптимизации как параметров логистики, так и электромеханических характеристик конвейера с цепями REX.

Описание транспортной системы. Компания по производству безалкогольных напитков имеет транспортную систему, которая содержит штабелеукладчик контейнеров с напитками, накопительный конвейер с цепями REX и терминал для грузовых автомобилей (рис. 1). Отдельные контейнеры, содержащие 16 бутылок напитков, загружаются на конвейер от производственной линии и транспортируются к штабелеукладчику, в котором формируются штабеля из шести контейнеров. Далее штабеля подаются вдоль трассы конвейера к разгрузочной станции для загрузки в грузовой автомобиль. Производственная линия выпускает контейнеры с напитками непрерывно в течение суток, но неравномерно. Задержки имеют, как правило, случайный характер. После загрузки очередного грузовика под загрузку ставится другой грузовик, если он вернулся после доставки напитков в магазины.

При отсутствии грузовика на разгрузочном конце конвейера устанавливается стопор для накопления штабелей контейнеров (рис. 2). При накоплении контейнеров две цепи типа REX продолжают двигаться непрерывно под основаниями штабелей. В результате сил трения скольжения нагрузка на цепи возрастает в зависимости от числа накопленных штабелей. Соответственно увеличивается нагрузка на привод конвейера. Мощность на приводе может возрасти в несколь-

ко раз при накоплении большого числа штабелей. Производственная линия содержит ленточный конвейер для транспортировки бутылок между несколькими машинами: моющей, для заполнения бутылок напитками, для закупоривания бутылок, для наклейки этикеток и упаковки бутылок в контейнеры. Из-за случайных изменений продолжительности рабочих операций, поломок машин, времени ремонта машин и неритмичной подачи грузовиков накопительный конвейер с цепями REX работает в напряженном неравномерном режиме. Пропускная способность конвейера меняется, а случайные и резкие изменения нагрузки приводят к уменьшению срока службы цепей и перегрузке привода.

После всестороннего изучения условий производства были определены задачи: снизить неравномерность движения грузов через транспортную систему, увеличить её пропускную способность и ограничить колебания нагрузки на конвейере. Наиболее эффективным и реальным вариантом решения проблемы оказалось компьютерное моделирование, с помощью которого было определено оптимальное соотношение между производительностью выпуска продукции, скоростью конвейера и грузоподъемностью автотранспорта.

Разработанная компьютерная модель отражает не только основные характеристики производства и транспортной системы, но и особенности их работы. В том числе размеры и массу контейнеров с напитками, неравномерный выпуск контейнеров и их движение на конвейере с переменным шагом к штабелеукладчику, формирование

штабелей контейнеров по шесть штук, перемещение штабелей к разгрузочной станции, загрузку штабелей в грузовик или их накопление в случае отсутствия грузовика и т. д. В соответствии с изменениями положения или состояния элементов системы модель определяет текущие показатели, такие как время движения грузов через систему, число загруженных единиц автотранспорта, тяговое усилие на приводных звёздочках, мощность привода конвейера и др. В качестве исходных данных в модели были использованы реальные показатели транспортной системы: размеры контейнера $0,34 \times 0,3$ м; масса контейнера с напитками 16 кг; масса штабеля контейнеров из шести штук 96 кг; производительность выпуска контейнеров 550–950 шт./ч; скорость конвейера 14–26 м/мин; рабочая длина конвейера с цепями REX 57,80 м; длина очереди штабелей на конвейере 0–145 контейнеров; грузоподъёмность грузовых автомобилей 240–320 штабелей, продолжительность рабочей смены 24 ч.

Кроме того, в модели учтено, что при накоплении штабелей коэффициент сопротивления на прямых участках конвейера увеличивается вдвое. В итоге модель с высокой точностью воспроизводит работу реальной системы в течение рабочей смены. Во время каждого прогона, соответствующего 24-часовой смене, на каждом шаге в 0,02–0,04 с модельного времени фиксируются результаты измерений текущих характеристик модели. Число измерений для отдельных характеристик может составлять от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов. В конце прогона на основании этих данных выполняется статистический анализ для каждой характеристики (переменной отклика). Время одного прогона модели составляет 1–2 мин реального времени, т. е. скорость работы модели в среднем в 1000 раз больше, чем скорость транспортной системы.

Предпосылки для оптимизации транспортной системы. Производительность (шт/ч) конвейера при равномерной подаче грузов со скоростью v и шагом a определяется по формуле [6]

$$Z = 3600 v/a. \quad (1)$$

Очевидно, чтобы избежать скопления контейнеров перед конвейером, производительность выпуска продукции не должна быть выше производительности конвейера $Z_{\text{вп}} \leq Z$.

Средняя производительность выпуска продукции составляет $Z_{\text{вп}} = 750$ конт/ч, а после формирования штабелей по шесть контейнеров $Z_{\text{вп}} = 750/6 = 125$ штабелей/ч.

При средней скорости конвейера $v = 0,333$ м/с шаг между штабелями в соответствии с формулой (1) составляет $a = 3600v/Z_{\text{вп}} = 36000 \cdot 333/125 \approx 9,6$ м. При этом время загрузки одного грузовика, вме-

щающего $G = 280$ штабелей, составляет $T = G/Z_{\text{вп}} = 280/125 = 2,24$ ч.

При отсутствии грузовиков штабеля контейнеров накапливаются на конвейере так, что касаются друг друга. В этом случае шаг между штабелями становится равным размеру контейнера $a = 0,34$ м, и производительность загрузки очередного грузовика (1) резко возрастает до величины $Z_{\text{оч}} = 3600v/a = 3529$ штабелей/ч.

Допустимая длина очереди $L_{\text{оч}}$ при накоплении штабелей составляет 145 штабелей. Время их загрузки в грузовик равно $t_{\text{оч}} = L_{\text{оч}}/Z_{\text{оч}} = 0,0411$ ч.

Остальные R штабелей будут загружаться в грузовик без образования очереди. Величина R определяется как $R = G - L_{\text{оч}} = 280 - 145 = 135$ штабелей.

Время загрузки свободной части грузовика будет равно $t_R = R/Z_{\text{оч}} = 135/125 = 1,08$ ч, а общее время загрузки грузовика из очереди и затем при свободной транспортировке штабелей определяется как сумма $T_c = t_{\text{оч}} + t_R = 0,0411 + 1,08 = 1,1211$ ч. Это намного меньше времени загрузки $T = 2,24$ ч из свободного потока штабелей без образования очереди. Таким образом, простой грузовиков при загрузке снижается в 1,998 раза при накоплении на конвейере очереди штабелей.

Для эффективной работы транспортной системы необходимо снижать время загрузки грузовиков и по возможности избегать ихостоя в ожидании загрузки. Поэтому предпочтительно, чтобы интервал между грузовиками был равен времени накопления очереди максимальной длины, но не превышал его. Определить условия этого равенства в действующей системе не представляется возможным из-за непрерывного режима работы производства, неравномерного формирования очереди контейнеров и случайных изменений времени движения грузовиков от предприятия к торговым точкам и обратно. Однако, используя модель системы, можно найти статистическое решение этой проблемы.

Модель транспортной системы. Модель построена с помощью универсального пакета моделирования GPSS World [7]. Структура модели содержит три блока, семь сегментов и две подпрограммы на языке PLUS. В первом блоке задаются ядра генератора случайных чисел для повторных прогонов модели (реплик эксперимента) и уровни факторов для отдельных испытаний. Второй блок содержит исходные данные по геометрии, кинематике и динамике транспортной системы. В третьем блоке представлены расчётные формулы для определения показателей системы в зависимости от текущего состояния модели.

В сегменте 1 открываются текстовые файлы для записи экспериментальных данных и формирования общего отчёта. Сегмент 2 имитирует неравномерный выпуск контейнеров поточной ли-

нией, их загрузку на конвейер с цепями REX, перемещение контейнеров к штабелеукладчику и формирование штабелей по шесть контейнеров. В сегменте 3 штабеля перемещаются по участкам конвейера с цепями REX. На каждом шаге модельного времени определяется число штабелей на участках конвейера, рассчитывается текущая нагрузка на цепи конвейера и определяются тяговое усилие и мощность на приводных звездочках. Кроме того, в этом сегменте поток штабелей с конвейера загружается в грузовик.

Сегмент 4 моделирует образование очереди штабелей на разгрузочном конце конвейера при отсутствии грузовика или разгрузку штабелей в грузовик из очереди. Сегмент 5 имитирует установку грузовика под загрузку, процесс загрузки, движение грузовика от терминала к торговым точкам и обратно. Здесь же имитируется простой грузовика в ожидании загрузки, если терминал занят предыдущим грузовиком. Сегмент 6 служит для регистрации статистических данных по отдельным показателям системы, таким как время движения и простоя грузовиков, текущее число штабелей в очереди, текущие значения мощности на приводных звездочках и т. п. В сегменте 7 контролируется время работы системы в соответствии с заданной продолжительностью рабочей смены и закрываются текстовые файлы с отчётаами по результатам эксперимента. Для автоматизации повторных вычислений с различными исходными данными служат две процедуры на языке PLUS.

Валидация модели. Степень подобия модели и транспортной системы оценивалась по результатам сравнения статистик по отдельным показателям. Модель испытывалась в условиях, одинаковых с реальными: режимом выпуска контейнеров, скоростью и нагрузкой конвейера и др. Каждое испытание повторялось до семи раз, с разными потоками случайных чисел. Для оценки сходимости результатов модели и транспортной системы был принят 90 % доверительный интервал. Несовпадения результатов анализировались и определялись возможные причины расхождений. В модель вносились соответствующие исправления, как-то: развязывались временные узлы, уточнялось рас-

пределение интервалов времени между контейнерами при загрузке на конвейер, изменялось распределение интервалов времени движения грузовиков и т. п. Испытания модели повторялись до тех пор, пока статистика показателей транспортной системы не попадала в 90 % доверительный интервал статистических данных модели.

Планирование эксперимента и анализ результатов. Для сравнения и оценки различных режимов работы транспортной системы были выбраны следующие показатели: выпуск Q продукции за рабочую смену, среднее время $T_{\text{сц}}$ цикла движения грузовиков, среднее число N загруженных грузовиков в течение смены, среднее время T_c перемещения контейнеров через систему, средняя потребляемая мощность P привода конвейера.

Эти показатели зависят в основном от трёх характеристик: грузоподъёмности G автомобильного транспорта, производительности Z поточной линии и скорости конвейера v , которые и были приняты в качестве факторов, определяющих режим работы транспортной системы. Значения уровней факторов при испытаниях модели даны в табл. 1.

План рандомизированного пятиблочного эксперимента типа 3^3 с общим числом реплик 135 был сформирован на базе пакета Statgraphic Plus [8]. Испытания модели при одной и той же комбинации факторов повторялись несколько раз с различными ядрами генератора случайных чисел. Число реплик $r = 5$ определено по методике [9] из условия, гарантирующего точность переменных отклика в пределах 95 % доверительного интервала. Анализ результатов эксперимента проведён с помощью Statgraphic Plus. Для оценки адекватности модели была проверена гипотеза о нормальном распределении ошибок результатов эксперимента. В качестве примера на рис. 3 приведён график нормального распределения остатков мощности P для привода конвейера. Относительная прямолинейность графика в центральной части подтверждает адекватность модели.

Статистическая значимость выбранных факторов для результатов эксперимента была проверена с помощью графиков Парето. На рис. 4 приведён график Парето для времени T_c перемещения

Таблица 1

Факторы и их уровни при испытании модели

Факторы	Уровни факторов		
Грузоподъёмность автомобильного транспорта G , шт.	240	280	320
Производительность поточной линии Z , конт/ч	550	750	950
Скорость конвейера v , м/мин	14	20	26

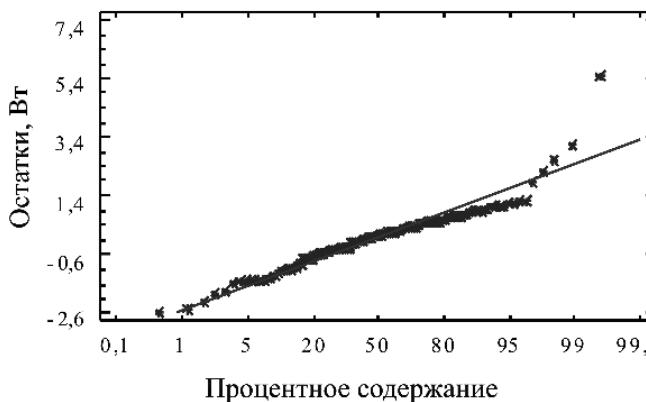


Рис. 3. Нормальное распределение остатков мощности привода конвейера

контейнеров через систему. Факторы, колонки которых пересекают вертикальную линию, имеют 95 % уровень значимости.

Степень изменчивости переменных отклика в зависимости от выбранных факторов оценена с помощью коэффициента детерминации R^2 и нормированного коэффициента детерминации R_{aj}^2 [10] (табл. 2). Очевидно, что влияние неучтённых факторов ничтожно.

В табл. 3 приведён анализ дисперсии для переменной T_c . Всем эффектам (факторам и их взаимодействиям) соответствует тот или иной компонент дисперсии. На этой основе определяется значимость эффектов для времени перемещения контейнеров через систему T_c .

В данном случае восемь эффектов имеют тестовое значение p менее 0,01, что подтверждает с 99 % уровнем вероятности их высокую значимость для T_c . Аналогичный анализ был выполнен для остальных переменных отклика. Он показал, что не существует других факторов, которые оказывали бы ощутимое влияние на значения переменных отклика и, следовательно, на работу

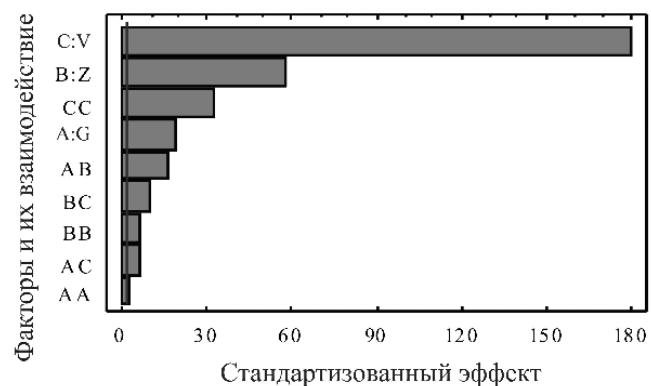


Рис. 4. График Парето для времени T_c перемещения контейнеров через систему

транспортной системы. Чтобы оптимизировать транспортную систему сразу по нескольким характеристикам, а именно иметь максимальный выпуск продукции, минимальное время цикла рабочего транспорта, минимальное число грузовиков в системе, минимальное время движения контейнеров через систему и минимальную мощность привода конвейера, был применён метод глобальной оптимизации функции предпочтения [8, 11]. Область оптимизации ограничивалась предельными значениями факторов. На рис. 5 изображена поверхность отклика с точкой глобального оптимума функции предпочтения, имеющей координату 0,63983. Эта точка определяет оптимальные уровни грузоподъёмности автотранспорта $G = 320$ штабелей, производительности поточной линии $Z = 825,425$ конт./ч и скорости конвейера $v = 23,71$ м/мин.

Статистический анализ результатов эксперимента на модели и их оптимизация показали, что при этих уровнях факторов достигаются наилучшие показатели транспортной системы. При этом их значения составляют: выпуск продукции $Q = 3163$ штабеля, время цикла движения грузовиков

Таблица 2

Степень отражения изменчивости переменных отклика

Параметры	Выпуск продукции Q , шт	Время цикла движения грузовиков $T_{сц}$, с	Число грузовиков в течение смены N	Время перемещения контейнеров в системе T_c , с	Мощность привода конвейера P , Вт
Границы изменения	1920–3640	29 315–408 402	6–14	118–261	1214–7671
Коэффициент детерминации R^2 , %	98,10	95,51	98,25	99,66	96,11
Приведённый коэффициент детерминации R_{aj}^2 , %	97,97	95,18	98,12	99,64	95,83

Таблица 3

Анализ дисперсии для времени T_c перемещения контейнеров через систему

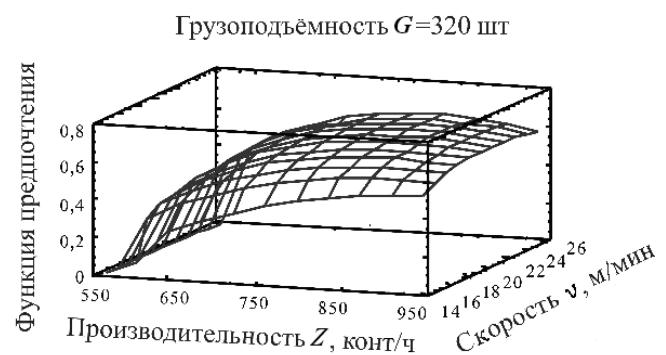
Факторы и их взаимодействия	Сумма квадратов	Степень свободы	Усреднённые квадраты	Статистика Фишера	Тестовое p -значение
$A: G$	2240,01	1	2240,01	312,97	0,0000
$B: Z$	22848,4	1	22848,4	3192,37	0,0000
$C: V$	228514,0	1	228514,0	31927,86	0,0000
AA	8,18148	1	8,18148	1,14	0,2871
AB	1450,42	1	1450,42	202,65	0,0000
AC	141,067	1	141,067	19,71	0,0000
BB	185,837	1	185,837	25,97	0,0000
BC	432,017	1	432,017	60,36	0,0000
CC	6760,0	1	6760,0	944,51	0,0000
Общая ошибка	894,648	125	7,15719		
Общая сумма	263474,0				
$R^2 \%$	99,66				
$R_{aj}^2 \%, \%$	99,64				

$T_{\text{сц}} = 36475,6$ с, число грузовиков в системе $N = 9,94$, время движения контейнеров через систему $T_c = 154,356$ с, мощность привода конвейера $P = 2144,58$ Вт.

Для проверки результатов оптимизации были проведены испытания модели с оптимальными значениями факторов. В каждом из пяти прогонов изменялись потоки случайных чисел. В табл. 4 приведены значения показателей транспортной системы на основе статистического анализа и в результате моделирования.

Расхождения показателей незначительны (от 0,62 до 3,24 %), что подтверждает высокую точность экспериментального исследования. Сравнение показателей действующей транспортной системы с оптимальными техническими характеристиками модели приведено в табл. 5. Отметим, что оптимальные характеристики превосходят реальные показатели по выпуску Q продукции на 31,8 %, по пропускной способности T_c на 15,2 %, по числу используемых грузовиков N на 0,6 %. По остальным показателям они ниже: по времени $T_{\text{сц}}$ цикла движения грузовиков на 2,74 %, по мощности P привода конвейера на 17,8 %. Окончательное решение о внедрении полученных результатов руководство компании примет на основе оценки их экономической эффективности.

Выводы. К современным транспортным системам предъявляют высокие требования в отношении гибкости, производительности и надёжности. Во многих случаях эти системы имеют конвейеры с цепями REX. Имея такие конвейеры, транспортные системы могут быстрее реагировать на требования технологического процесса, подавая грузы непрерывным потоком или останавливая и накапливая их в течение некоторого промежутка времени. Для производств с нерав-



Стандартизованный эффект

Рис. 5. Поверхность отклика по результатам испытания модели транспортной системы

Таблица 4

**Сравнение оптимальных характеристик транспортной системы,
полученных статистическим расчётом и экспериментально**

Характеристика	Единица измерения	Статистическое значение	Экспериментальное значение	Ошибка, %
Выпуск продукции Q	штабель	3163,32	3200,0	1,16
Время движения грузовиков $T_{\text{сц}}$	с	36475,6	37002,0	1,44
Число грузовиков N	шт.	9,938	10,0	0,62
Время перемещения контейнеров через систему T_c	с	154,356	155,4	0,68
Мощность привода конвейера P	Вт	2144,58	2214,0	3,24

Таблица 5

**Показатели действующей транспортной системы
и оптимальные показатели модели**

Факторы и переменные отклика	Единица измерения	Действующая система	Модель	Сравнительная оценка, %
Грузоподъёмность автотранспорта G	штабель	240	320	-33,3
Производительность линии Z	конт/ч	655	825,5	-26,0
Скорость конвейера v	м/мин	20,5	23,7	-15,6
Выпуск продукции за смену Q	штабель	2400	3163	-31,8
Время движения грузовиков $T_{\text{сц}}$	с	35503	36476	-2,74
Число грузовиков N	шт.	10	9,94	0,6
Время перемещения контейнеров через систему T_c	с	182	154,36	15,2
Мощность привода конвейера P	Вт	1821	2144,6	-17,8

номерным режимом работы это важное преимущество. Вместе с тем проектирование и эксплуатация таких систем связаны с решением ряда проблем. Прежде всего это определение условий оптимального взаимодействия системы с оборудованием, имеющим переменный ритм работы или случайные сбои в течение смены. Ни в процессе проектирования таких транспортных систем, ни в процессе их эксплуатации не представляется возможным определить наилучшие условия их применения. Только используя современные методы имитационного моделирования, можно решить эту проблему достаточно эффективно.

В настоящей статье были определены оптимальные параметры транспортной системы, со-

держащей штабелеукладчик контейнеров с напитками, накопительный конвейер с цепями REX и терминал для грузовых автомобилей. Полученное соотношение между производительностью выпуска продукции, скоростью конвейера и грузоподъёмностью автотранспорта обеспечивает оптимальную работоспособность системы.

Система обслуживает производственную линию, выпускающую безалкогольные напитки. Имитационная модель транспортной системы, разработанная с помощью языка GPS World, с высокой точностью имитирует её работу и позволяет воспроизводить различные сценарии эксплуатации.

В соответствии с планом эксперимента, составленного с помощью статистического пакета

Statgraphic Plus, были проведены испытания модели и получены статистические данные о работе транспортной системы в различных условиях. На основе анализа данных эксперимента была подтверждена адекватность модели и значимость выбранных факторов. Было показано, что не существует других неучтённых факторов, оказывающих какое-либо влияние на работу транспортной системы. Для оптимизации транспортной системы сразу по нескольким характеристикам, а именно по выпуску продукции, по времени цикла грузового транспорта, по числу грузовиков в системе, по пропускной способности системы и по затратам энергии приводом конвейера, был применён метод глобальной оптимизации функции предпочтения. Результаты оптимизации на основе статистического анализа были проверены при испытании модели. Сравнение расчётных и экспериментальных данных подтвердило достоверность статистического анализа и результатов оптимизации. Таким образом, приведённый метод исследования и оптимизации транспортной системы, имеющей в своем составе конвейер с цепями REX, может быть с успехом применён для исследования совершенствования подобных устройств. Аналогичное исследование целесообразно проводить на стадии проектирования, чтобы не останавливать действующую систему и не переделывать её.

Библиографические ссылки

1. **Tócnica de simulación para mejorar parámetros de un transportador de cadena REX / V.S. Siromiatnikov, M.G. Ortega Rosales, F. Sandoval G., S.V. Palochkin // Memorias del 14 Congreso Internacional Anual de la SOMIM, 17 al 19 de Septiembre 2008, Puebla, Mexico. pp. 525–534.**

2. **Ramiro Fuentes Ayala.** Evaluaciyn del Desempeño por Simulaciyn de un Sistema Conducido por Eventos Discretos // Journal Boliviano de Ciencias. Vol. 3, № 6, 2001. 232 p.

3. **Михайлишин А.Ю., Гречишкін П.В.** Исследование сетей подземного транспорта методом имитационного моделирования // Сб. Тезисы докладов IV Всероссийской конф. молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям. Красноярск: Академгородок, 2003. С. 32–35.

4. **Qiuli Yu a.o.** Productivity simulation with Promodel for an automotive assembly workstation involving a lift assist device. In Proceedings of the 2006 Winter Simulation conference, ed. L.F. Perrone, F.P. Wieland, J. Liu, B.G. Lowson, D.M. Nicol and R.M. Fujimoto, eds. pp. 1935–1939.

5. **Marcelo Moretti Fioroni a.o.** Simulation of continuous behavior using discrete tools: ore conveyor transport. In Proceedings of the 2007 Winter Simulation conference, ed. S.G. Henderson, B. Biller, M.H. Hsieh, J. Shortie, J.D. Tew, and R.R. Barton, eds. pp. 1655–1662.

6. **Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков.** М.: Машиностроение, 1983. 487 с.

7. **GPSS World.** Reference manual. Minuteman Software. P.O. Box 131. Holly Springs, North Carolina, USA, 4 ed, 2001. 700 p.

8. **Juan Llovet, Diego Delgado, Julián Martínez.** Statgraphics Plus 4. Guía Práctica para usuarios. Ediciones ANAYA MULTIMEDIA. 2000. 353 p.

9. **Charles Harrell, Biman K. Ghosh, Royce O. Bowden.** Simulation using ProModel. 2 ed, 2003. 733 p.

10. **Humberto Gutierrez Pulido, Román de la Vara Salazar.** Análisis y Diseño de Experimentos. McGraw-Hill Interamericano, 2004. 571 p.

11. **Douglas C. Montgomery.** Diseño y Análisis de Experimentos. LIMUSA WILLEY, 2 ed, 2004. 686 p.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО РЕЗАНИЯ.

(Библиотека инструментальщика)

В.Н. Андреев, Г.В. Боровский, В.Г. Боровский, С.Н. Григорьев

2010 г. 480 с. ISBN 978-5-94275-571-1

Цена 700 р.

Представлены результаты исследований эффективности применения новых инструментальных материалов (твердые сплавы и быстрорежущие стали, керамические материалы, сверхтвердые материалы) и износостойких покрытий для высокоскоростного резания.

Приведены различные конструкции режущего инструмента для обработки тел вращения, плоскостей и отверстий, способствующие эффективному использованию режущего инструмента.

В связи с ужесточением экологических требований к смазочно-охлаждающим технологическим средствам рекомендованы альтернативные способы улучшения условий в зоне стружкообразования.

Для конструкторов инструмента, технологов, может быть полезна студентам вузов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 658.512.012

А.С. Пухов, канд. техн. наук
 (Курганский государственный университет)
 dsvidunovich@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Рассмотрены принципы формирования основных потоков в автоматизированных системах (AS) как совокупность элементов с устойчивыми связями, отражающими единство противоположных сторон: расчленённости и целостности. Выделены две главные подсистемы AS – исполнительная и информационно-управляющая, образующие единый автоматизированный производственный поток (T-поток). Рассмотрены составляющие T-потока и их системное интегрирование в AS.

Ключевые слова: автоматизированная система, поток материалов, поток инструментов, поток информации, интеграция потоков.

Basic streams forming principles in the automatic systems (AS) as elements with steady relations reflecting opposite sides unity, extended and integrity, are considered. Two principal subsystems AS, executive and information-control, constituent of the united automatic production stream (T-stream) are marked out. T-stream components and its systemic integration in AS are considered.

Key words: automatic system, material stream, tools stream, information stream, stream integration.

Введение. Структуру АС определяет совокупность элементов (подсистем) с устойчивыми связями между ними, отражающими единство противоположных сторон: расчленённости и целостности. В качестве главных подсистем АС выделяют исполнительную и информационно-управляющую системы.

Исполнительная система реализует технологические процессы и включает технологическое оборудование, транспортные средства, склады-накопители, контрольно-измерительный комплекс, вспомогательное оборудование [1].

Информационно-управляющая система осуществляет функции оперативного планирования, управления оборудованием, диагностики отказов, контроля качества продукции. Информационная часть системы хранит и выдаёт информацию, необходимую для автоматизированного проектирования и производства продукции заданной номенклатуры, а также используется в качестве источника информации и сигналов обратной связи для управляющей части системы.

В совокупности исполнительная и информационно-управляющая системы реализуют единый автоматизированный производственный Т-поток материалов, инструмента и информации [2], характеризующийся трёхпотоковой структурой

$$T = \{D, I, P\},$$

где D – поток материалов, заготовок, деталей; I – поток инструментов (инструментальной среды); P – программно-информационный поток.

Схема фрагмента Т-потока приведена на рис. 1. Общие характеристики организационной структуры АС рассмотрены в работе [2].

Формирование структуры потока, материалов заготовок, деталей (Д-потока) АС. Структура Д-потока влияет на формирование конфигурации АС и компоновку её транспортно-накопительной системы. На структуру Д-потока воздействуют следующие факторы:

конструктивно-технологические особенности (технологические потребности) деталей и заготовок;

технологические возможности основного оборудования и его связи с транспортно-накопительной системой;

компоновка, расположение и функции автоматизированного склада-накопителя (АСН).

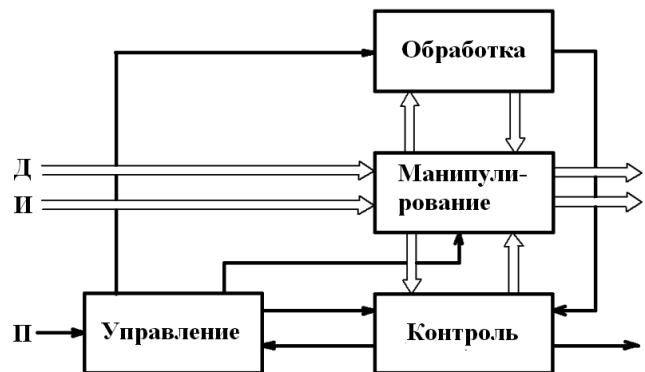


Рис. 1. Схема фрагмента автоматизированного производственного Т-потока

Решающее влияние на построение структуры Д-потока оказывают технологические потребности деталей и технологические возможности оборудования АС, которые могут находиться в различных соотношениях [1, 2] и рассмотрены ниже:

каждая заготовка $d \in D$ (D – партия заготовок) может быть обработана на одном рабочем месте АС (станке) за один установ в двух вариантах. В первом варианте деталь обрабатывается полностью только на одном конкретном станке АС $c \in C$ (C – множество станков в составе АС). Во втором – заготовку можно обработать на любом станке системы. Тогда технологические возможности всех станков совпадают $f_{C1} = f_{C2} = \dots = f_{Cn}$;

заготовка полностью обрабатывается на одном станке более чем за один установ. Здесь также возможны два варианта. Первый – обработка за несколько автоматических переустановок. Второй – обработка за несколько установов, требующих удаления заготовки из рабочей зоны станка. При этом в обоих вариантах межстаночные связи не используются;

заготовка полностью обрабатывается от одной технологической базы на двух или нескольких станках. Это имеет место, когда технологические возможности одного или нескольких станков не удовлетворяют всем технологическим требованиям детали;

заготовка полностью обрабатывается на двух и более станках со сменой технологических баз. Перебазирование осуществляется специальными устройствами (кантователями, роботами) или оператором.

Технологические потребности деталей и технологические возможности агрегатов (станков) АС могут быть реализованы Д-потоками различных структур, на которые существенно влияют АСН. При этом возможно совместное хранение заготовок и готовых деталей в одном АСН (рис. 2, *a*), что формирует замкнутую структуру Д-потока. При дифференцированном хранении заготовок и деталей (рис. 2, *б*) транспортно-накопительная система имеет два склада – склад заготовок (АСН-1) и склад готовых деталей (АСН-2). В этом случае структура Д-потока разомкнута.

Если в АС имеются промежуточные накопители (ПН), то структура Д-потока системы имеет два иерархических уровня (рис. 3) ПН₁ … ПН_n, обеспечивающих работу станков при отказе АСН до полной издержки всех заготовок из ПН.

При одних и тех же взаимосвязях элементов АС её планировка может быть различной, в том числе с двусторонним расположением станков относительно АСН.

На формирование структуры Д-потока влияет и форма АСН. Так, при цилиндрической форме склада поток приобретает лучеобразную или кольцевую структуру.

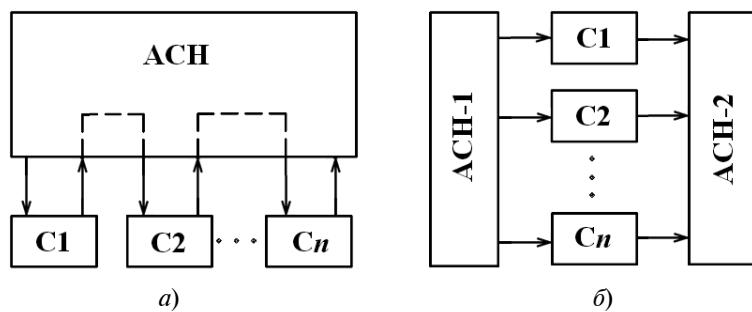


Рис. 2. Структуры Д-потока:

а – с совмещённым хранением заготовок и деталей; *б* – с дифференцированным хранением

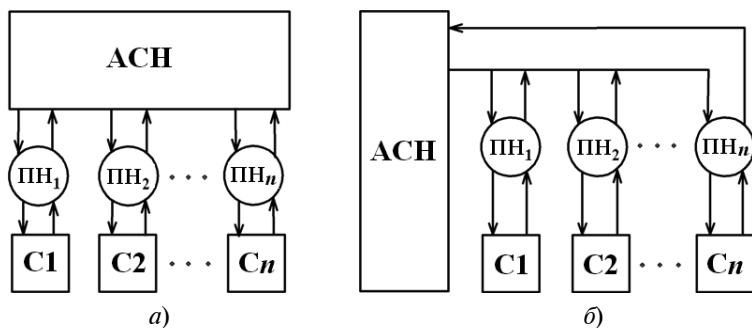


Рис. 3. Двухуровневые структуры Д-потоков с промежуточными накопителями:

а – параллельная; *б* – последовательная

Таким образом, генерирование возможных структур Д-потоков АС сводится к комбинированию факторов, определяющих конкретную структуру на основе декомпозиционного анализа этих факторов (признаков и свойств) и синтеза эффективных (оптимальных) потоков. Транспортные связи между АСН и оборудованием АС реализуются различными средствами – конвейерами, промышленными роботами, штабелёрами, рельсовыми и безрельсовыми тележками.

Формирование структуры потока инструментов (И-потока) АС. Поток инструментов, осуществляемый системой инструментального обеспечения (СИО), является составной частью материального потока, реализуемого АС. К СИО инструмент доставляется средствами гибкой транспортной системы (ГТС) завода (цеха). Структура данного потока существенно влияет на технологические возможности АС и эффективность её функционирования.

СИО позволяет выполнять ряд функций по длительному и оперативному хранению инструмента, его приёму на хранение и выдачу к станкам, выполняемым технологические операции [3]. Длительное хранение инструмента заданной номенклатуры осуществляет центральный накопитель инструмента (ЦНИ), а оперативное хранение, приём и выдачу – индивидуальные стационарные магазины инструмента (МИ), работающие совместно с автоматическими устройствами смены инструмента.

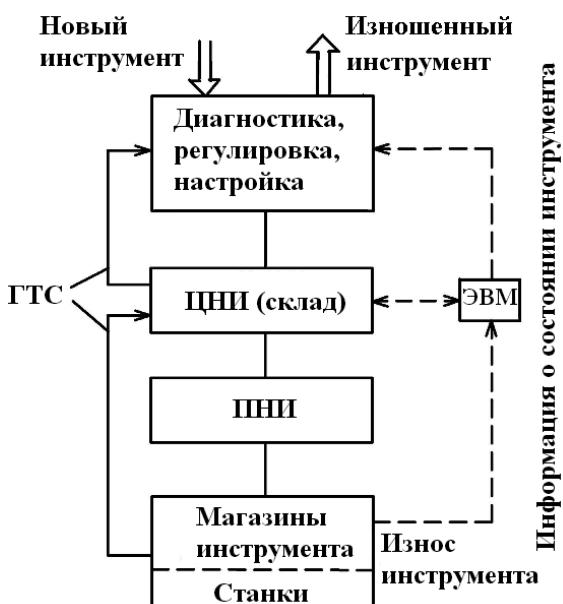


Рис. 4. Структурная схема системы инструментального обеспечения автоматизированной системы

Между ЦНИ и МИ станков в АС могут находиться ПН или один накопитель, позволяющий быстрее изменить технологические возможности станков и свести к минимуму их простой в ожидании инструмента (рис. 4).

В состав СИО входят средства контроля неисправностей и износа инструмента K_i , а также средства его настройки H_i . Синтез структуры СИО базируется на использовании структуры АС и дополнительных структурообразующих факторах:

состава технических средств, формирующих поток $T_i = \{ЦНИ, ПНИ, МИ, K_i, H_i\}$;

способов передачи инструментов между накопителями (поштучный, групповой (кассетный), магазино-комплектный);

способов обмена инструментами между станками в процессе их функционирования;

уровня централизации инструментального обеспечения. Причём верхний предел централизации формируется, когда АС (совокупность станков и агрегатов) обслуживается одним ЦНИ, нижний — когда каждый станок снабжён индивидуальным магазином-накопителем. Между этими предельными структурами размещаются промежуточные структуры И-потока.

При наличии в СИО трёх видов накопителей (ЦНИ, ПНИ, МИ) и транспортных связей между ними формируется полная структура И-потока, а предельные и промежуточные структуры являются её подструктурами. На рис. 5, *a* полная структура представлена нагруженным графом. Каждой вершине графа соответствует накопитель, а дугам — способы и средства передачи инструментов между смежными накопителями. На рис. 5, *б* показана промежуточная графовая структура И-потока с одним ПН, обеспечивающим накопление, выдачу и приём инструментов, а также связь с транспортной системой их доставки при переналадках.

Согласно рис. 5, транспортные и приёмопередающие средства, связывающие накопители инструментов различных иерархических уровней, соответствуют вертикальным дугам графов, а средства, обеспечивающие обмен инструментами между накопителями одного иерархического уровня, – горизонтальным дугам.

Удаление одной или нескольких вершин исходного (полного) графа равносильно исключению из состава СИО соответствующих этим вершинам накопителей инструментов (см. рис. 5, б), а исключение дуг графов соответствует исключению транспортных устройств, попарно связывающих накопители.

Исключение вершин и дуг исходного графа (см. рис. 5, а) приводит к сужению функциональных возможностей соответствующих им структур, а многообразие подграфов и частей исходного

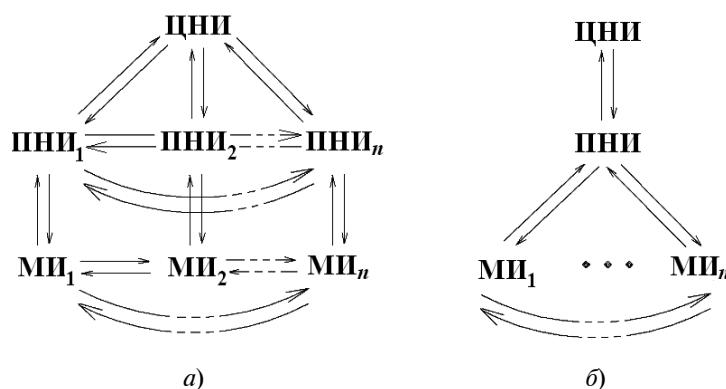


Рис. 5. Графовые модели структуры системы инструментального обеспечения:
 а – полная (универсальная) структура И-потока;
 б – промежуточная (с одним промежуточным накопителем инструмента)

графа порождает многообразие структур СИО. Более того, при одинаковых структурах две СИО необязательно должны иметь одинаковые конструктивно-компоновочные оформления и одинаковые качества функционирования.

Системное интегрирование составляющих автоматизированного производственного Т-потока АС. Дифференцированное рассмотрение Д- и И-потоков, а также П-потока возможно только при изучении их индивидуальных свойств и структур. Пространственно-временное объединение Д- и И-потоков порождает материальный поток (М-поток). Системное взаимодействие этих потоков в едином М-потоке осуществляется программно-информационным П-потоком, в результате чего образуется единая трёхпотоковая система материально-информационного обеспечения, структура которой полностью определяет конфигурацию АС, её возможности и технологический потенциал.

Интегрирование Д- и И-потоков внутри одной АС реализуется одними и теми же техническими средствами. В структуре потоков имеются центральный автоматизированный склад, промежуточные и индивидуальные накопители. В условиях интегрированного М-потока накопители, находящиеся на различных иерархических уровнях, одновременно выполняют функции хранения и транспортирования заготовок, деталей и инструментов. В результате изменяется структура АС, её компоновочные решения и уменьшается занимаемая ею производственная площадь.

При использовании оборудования с ЧПУ системное интегрирование потоков АС осуществляется с помощью программного обеспечения П-потока. Оборудование при этом разделяется на несколько логических (по управлению) групп. Так, для станочного оборудования с ЧПУ могут быть сформированы следующие группы:

группа 1 – станки с современными системами ЧПУ, оснащённые устройствами для объединения их в сеть с реализацией терминалных задач на основе ОС Windows;

группа 2 – станки с ЧПУ, оснащённые последовательными портами ввода/вывода данных RS232 без стандартных сетевых протоколов;

группа 3 – автоматизированные рабочие места (АРМ) технологов-программистов и диспетчера на базе достаточно мощных ПК.

При таком разделении обеспечение П-потоком передачи и обмена данными между ЧПУ оборудованием и архивом технологических программ осуществляется стандартной сетью Ethernet (группа 1) и последовательным портом RS232 (группа 2). При этом реализуются функции хранения данных ЧПУ в базе данных Microsoft SOL Server; обслуживания и администрирования машинных данных и архивов данных по приводам и электроавтоматике; конфигурирования системы; импорта/экспорта данных; передачи данных на станки с ЧПУ и в обратном направлении; администрирования пользователей; управления фильтрами данных и др.

Передача и приём данных осуществляется с помощью программы, интегрированной с ЧПУ станков и архивом программ. Для оператора АС на экране прямого управления (DNC) предусмотрен просмотр списка доступных программ и данных ЧПУ в режиме реального времени.

Программным обеспечением (ПО) П-потока решаются задачи по учёту времени работы и простоев оборудования, а также работы с сигналами аварийных сообщений при автоматическом подключении соответствующих служб для их реагирования и анализа ситуаций на АС (на участке, в цехе).

На основе учтённых данных ПО П-потока определяется комплекс показателей эффективности функционирования системы. При этом ПО пре-

дусмотрено привлечение специалистов для выработки экспертных оценок и принятия решений. При определении эффективности работы АС или её отдельного рабочего места (станка) могут использоваться следующие зависимости:

$$Q = \Sigma K_{\text{общ}}(T_3 - T_{\text{п}}) / T_3;$$

$$\text{Кач} = \Sigma (K_{\text{общ}} - K_{\text{бр}}) 100 \% / (K_{\text{общ}});$$

$$OEE = K_{\text{исп}} Q \text{Кач} / 10^6;$$

$$MTFB = T_{\text{прод}} / \text{Колич. наруш.};$$

$$MTTR = \text{Длит. наруш.} / \text{Колич. наруш.},$$

где Q – производительность АС; Кач – качество работы системы или ед. оборудования; OEE (Overall Equipment Effectiveness) – показатель общей эффективности работы оборудования АС; $MTFB$ (Meantime between Failure) – надёжность, среднее время безотказной работы оборудования АС; $MTTR$ (Meantime to Repair) – ремонт, средняя наработка до ремонта; $K_{\text{общ}}$ – общее количество изготовленных деталей; $K_{\text{бр}}$ – количество бракованных деталей; $K_{\text{исп}}$ – коэффициент использования оборудования; T_3 – запланированное время работы АС; $T_{\text{п}}$ – время простоев единицы оборудования; $T_{\text{прод}}$ – полезное оперативное время работы оборудования.

Внедрение системы определения показателей эффективности значительно увеличивает информационную картину работы оборудования АС, а также завершает под воздействием П-потока интеграцию всех трёх потоков в единый автоматизированный Т-поток, что позволяет непрерывно оптимизировать производственный процесс и объективно оценивать целесообразность принимаемых технических и организационных решений. Таким образом, П-поток выполняет различные производственные и всевозможные обслуживающие функции, включая функции диагностики и сервиса.

Заключение. Рассмотренные принципы формирования материальных и информационно-управляющего потоков в АС способствуют системному решению ряда исследовательских и проектно-конструкторских задач и позволяют

при комплексном и дифференцированном учёте свойств и особенностей рассмотренных пото-

ков анализировать процесс создания или модернизации автоматизированных производственных систем;

обоснованно раскрывать и устанавливать потоковые и конструктивные связи между множествами объектов АС и составляющими объекты частями (элементами);

определять функции, структуру и места расположения автоматизированных накопителей материалов, заготовок, деталей инструмента;

осуществлять выбор в составе АС эффективных систем и устройств транспортирования материалов, деталей, комплектующих изделий, инструментов и других объектов;

осуществлять общую технологическую компоновку АС в составе цеха (завода).

Особое место в общем Т-потоке АС занимает информационный программно-управляющий П-поток, позволяющий интегрировать материальные потоки или их отдельные операции (транспортирование, хранение и накопление, обмен инструментами и средствами оснащения между станками и т. п.). Это новый, интенсивно развивающийся поток. Если ранее, например, в работе [1] о П-потоке не упоминалось, что вполне объяснимо отсутствием для этого соответствующих средств управления, то в настоящее время П-поток является «мозгом» АС. Его локальные управляющие сети типа Ethernet стали стандартными, а их использование в сочетании с системами определения показателей эффективности работы АС (наряду с управлением) позволяет непрерывно оптимизировать производственный процесс, реализуемый АС.

Библиографические ссылки

1. Наянзин Н.Г. Поисковое проектирование гибких производственных систем. М.: ВНИИТЭМР, 1986. 75 с.
2. Пухов А.С. Синтез решений при поисковом проектировании автоматизированных систем: Моногр. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2009. 154 с.
3. Пухов А.С. Организационно-технические принципы создания автоматизированных систем // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». Вып. 4. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. С. 112–114.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присыпаемых для публикации,

можно найти на сайте www.mashin.ru

УДК 65.011.56

А.А. Шевцов, д-р техн. наук, проф., А.В. Дранников, канд. техн. наук, доц.,

А.В. Пономарев, Н.Ю. Ситников

(Воронежская государственная технологическая академия)

drannikov@list.ru

АЛГОРИТМ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Предложен алгоритм управления параметрами процесса культивирования микроводорослей. Показана целесообразность использования метода пропорционально-проточных культур или квазинепрерывных культур.

Ключевые слова: управление, культивирование, микроводоросли, биореактор.

Parameters control algorithm for microalgae cultivation process is proposed. Method utilization suitability of proportion-flowing crops or quasicontinuous crops is shown.

Key words: control, cultivation, microalgae, bioreactor.

Одним из путей усовершенствования процесса культивирования микроводорослей является повышение степени использования исходной суспензии, снижение сырьевых потерь и себестоимости готовой продукции [1, 2], а также повышение точности и надёжности управления процессом культивирования биологически активных субстанций, в частности суспензии микроскопических водорослей *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*, *Spirulina* и т. д.

Цель работы — разработка схемы оперативного управления процессом культивирования микроводорослей при ограничениях на управляемые параметры в условиях случайных возмущений.

Используемый при культивировании биологический фотобиореактор пленочного типа [3] позволяет проводить процесс культивирования круглогодично. Микроводоросль в необходимом количестве снабжается углекислым газом, световой энергией и питательными веществами.

Схема автоматического управления фотоавтотрофным биосинтезом (см. рисунок) включает фотобиореактор 1 [4], состоящий из секции ввода 2, освещения 3, охлаждения 4 и вывода 5, содержащий люминесцентные лампы 6 и 7, прозрачные цилиндрические трубы 8, патрубки для ввода смеси воздуха с углекислым газом 9 и барботер 10; сборник урожая 11 и технологическую ёмкость 12; ультратермостаты для регенерации охлаждающего воздуха 13 и охлаждающей воды 14; смеситель воздуха с углекислым газом 15; газовую ёмкость 16; десорбер кислорода 17; сепаратор-пеногаситель 18; циркуляционную помпу 19; насос 20, компрессор 21, вентиляторы 22 и 23; распределители потоков 24 и 25, коллектор 26; микропроцессор 27; контуры рециркуляции: суспензии фотоавтотрофного микроорганизма 0.1, смеси воздуха с углекислым газом

5.7, охлаждающего воздуха 3.2, охлаждающей воды 1.1; линии подачи: готовой биомассы в сборник урожая 0.1.2, основного 0.2.1 и корректирующего 0.2.2 потоков питательной среды, углекислого газа 5.4, смеси воздуха с углекислым газом в прозрачные цилиндрические трубы 5.7.1 и в барботер 5.7.2; линии отвода: готовой биомассы из сборника урожая 0.1.3, пены из секции вывода фотобиореактора 0.3, суспензии из сепаратора-пеногасителя 0.1.4, смеси воздуха с углекислым газом из сепаратора-пеногасителя 5.7.3, кислорода 3.7, сброс давления смеси воздуха с углекислым газом из смесителя 5.7.4 и из газовой ёмкости 5.7.5 и исполнительные механизмы: А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К, Л, М, Н, О, П — входные каналы управления, а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л, м, н, о — выходные каналы управления, датчики: TE — температуры, FE — расхода, LE — уровня, QE — состава.

Исходная питательная среда вместе с инокулатором фотоавтотрофного микроорганизма (например, цианобактерии *Spirulina platensis*) подаётся в фотобиореактор. С помощью распределительных устройств в прозрачных цилиндрических трубках 8 в секции ввода 2 фотобиореактора 1 формируется плёнка суспензии фотоавтотрофного микроорганизма, стекающая по внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок. Одновременно по линии 5.7.1 подаётся смесь воздуха с углекислым газом, разделяемая коллектором 28 на несколько потоков и поступающая в трубы в противоточном режиме с истечением плёнки суспензии.

Наличие барботера в нижней части фотобиореактора позволяет дополнительно насытить клетки фотоавтотрофного микроорганизма углекислым газом, что совместно с освещением горизонтальной лампой позволит осуществлять фото-

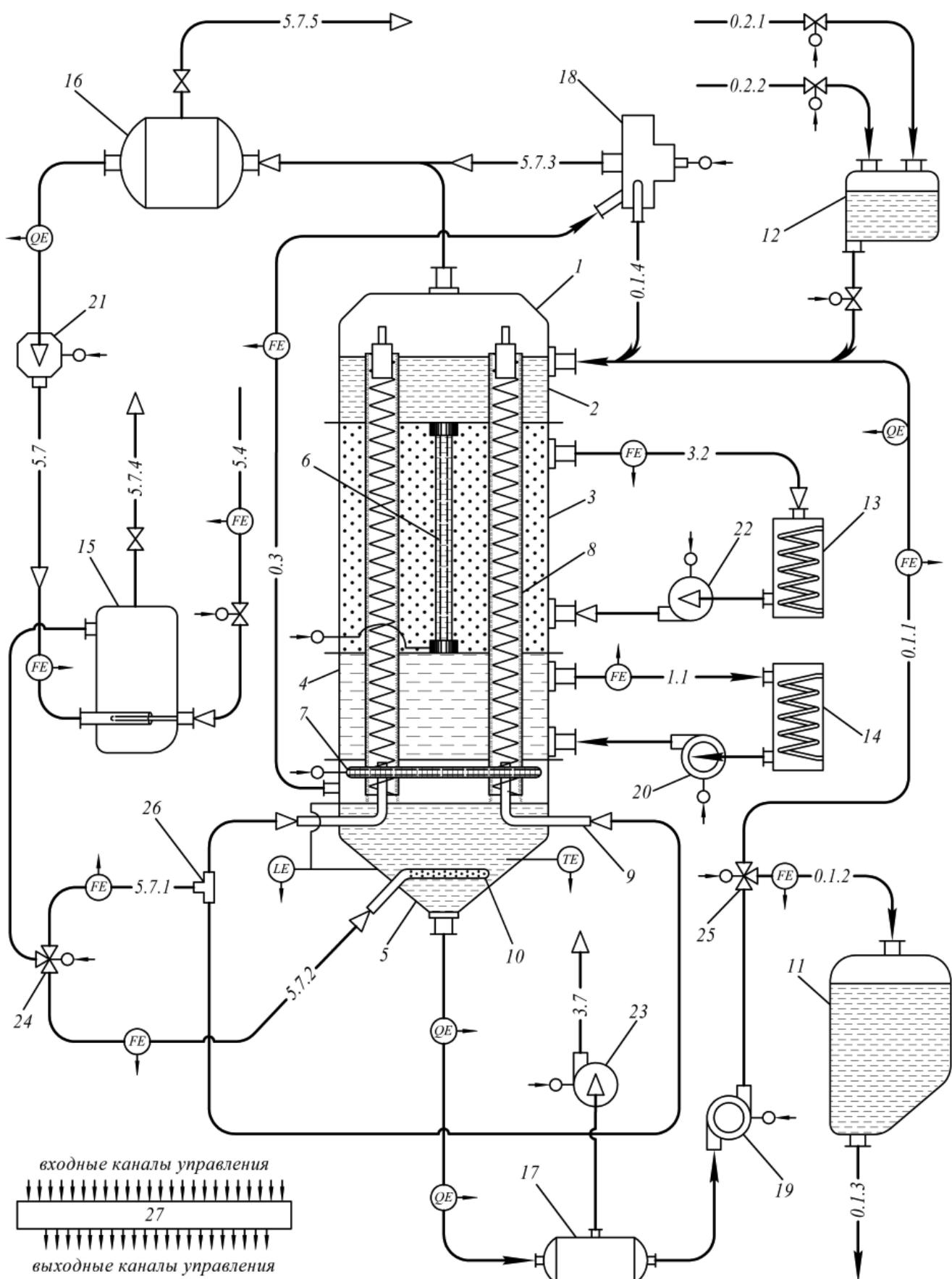


Схема автоматического управления фотоавтотрофным биосинтезом

синтез клеткам и в выходной секции, а также предотвратить седиментацию клеток на внутренние стенки выходной секции фотобиореактора при использовании штаммов фотоавтотрофных микроорганизмов, не обладающих планктонными свойствами.

При течении по внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок в секции освещения 3 фотобиореактора суспензия фотоавтотрофного микроорганизма непрерывно освещается люминесцентными лампами 6 и 7, нагрев от которых необходимо компенсировать воздушным и (при превышении допустимой температуры) водяным охлаждением. Охлаждающие воздух и вода циркулируют по замкнутым контурам 3.2 и 1.1 с помощью вентилятора 22 и насоса 20 с охлаждением в ультратермостатах 13 и 14.

Из прозрачных цилиндрических трубок суспензия фотоавтотрофного микроорганизма стекает в секцию вывода 5 фотобиореактора, где подвергается барботажу с помощью барботера 10 с непрерывным освещением люминесцентной лампой 7.

Далее суспензия фотоавтотрофного микроорганизма выводится из фотобиореактора в контур её рециркуляции 0.1.1 с помощью циркуляционной помпы 19 с промежуточным отделением образовавшегося в процессе культивирования кислорода в десорбере 17 и его отводом по линии 3.7 вентилятором 23. Суспензия фотоавтотрофного микроорганизма движется по контуру рециркуляции.

Расход охлаждающего воздуха устанавливают по температуре культивирования, при отклонении которой от заданного значения корректируют коэффициент теплопередачи от хладагента к охлаждающему воздуху изменением расхода охлаждающего воздуха. По оптической плотности готовой биомассы определяют концентрацию клеток микроводоросли, в зависимости от которой устанавливают время культивирования с помощью синхронизированного изменения расходов исходной суспензии и готовой биомассы. Текущее значение концентрации клеток микроводоросли определяют по оптической плотности готовой суспензии:

$$c = D/(l\varepsilon), \quad (1)$$

где c – концентрация абсолютно сухой биомассы в суспензии; D – оптическая плотность готовой суспензии; l – толщина поглощающего свет слоя суспензии; ε – молярный коэффициент поглощения готовой суспензии.

По найденному значению c вырабатывается сигнал отклонения текущего значения от заданного, в соответствии с которым изменяют время культивирования микроводоросли.

Экспериментальная проверка предлагаемого способа управления проводилась на опытном образце пленочного фотобиореактора, имеющего техническую характеристику:

Габаритные размеры корпуса, м:	
высота (включая станину)	1,6
диаметр	0,35
Технологические параметры стеклянных трубок:	
площадь рабочей поверхности, 10^{-2} м^2	0,3
шаг витков спирали, мм	5,0–20,0
высота витков спирали, мм	0,9–1,5
Расход охлаждающего воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	610–630
Расход газовоздушной смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$	2,0–2,3
Концентрация углекислоты в газовоздушной смеси, %	1,6–1,8
Производительность по готовой суспензии, л/сут	100
Концентрация готовой биомассы, %	0,08–0,12
Температура культивирования (для спирулины), °C	30–35

Предлагаемый способ автоматического управления позволяет решить задачу повышения степени использования суспензии микроводоросли при проведении процесса культивирования в непрерывном режиме в биореакторе пленочного типа, а также обеспечить высокое качество готовой продукции и энергетическую эффективность процесса за счёт оперативного управления его технологическими параметрами.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Библиографические ссылки

- Шевцов А.А., Шенцова Е.С., Дранников А.В., Пономарев А.В. Исследование процесса массового культивирования хлореллы методами планирования эксперимента // Изв. вузов. Сер. «Пищевая технология». 2009. № 2,3. С. 62–64.
- Шенцова Е.С., Дранников А.В., Пономарев А.В., Ситников Н.Ю. Реализация прикладных задач автотрофного биосинтеза в технологии комбикормов // Вестник ВГТА. Сер. «Пищевая биотехнология». 2010. № 3. С. 19–22.
- Шевцов А.А., Шенцова Е.С., Дранников А.В., Пономарев А.В. Моделирование процесса культивирования микроводорослей в биореакторах при турбулентном режиме истечения жидкости // Вестник ВГТА. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2008. № 1. С. 80–85.
- Шевцов А.А., Ситников Н.Ю., Пономарев А.В. Конструкция фотобиореактора пленочного типа для культивирования микроводоросли хлорелла. Материалы XLVIII отчётной науч. конф. 2009 г. В 3 ч. Ч.2. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад. 2010. 207 с.



УДК 659

А.П. Иванов, д-р экон. наук, проф. (Кошалинский технологический университет, Польша),
О.А. Животовская (ФГУП «ЦДУТЭК», г. Москва)

zhivotovskay@zdv.oilnet.ru

СБАЛАНСИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАК МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА ПЕРСОНАЛА

Рассмотрены сущность и значение сбалансированной системы показателей при стратегическом управлении предприятием, преимущества нового подхода к мотивации труда персонала.

Ключевые слова: стратегия развития компании, сбалансированная система показателей, стратегическая карта, деловая репутация компании, бренд работодателя.

Essence and meaning of the activities balance system for enterprise strategic control, new approach advantages for staff labour motivation are considered.

Key words: firm development strategy, activities balance system, strategic card, firm business image, employer brand.

Переход от интуитивных и ситуационных методов управления к научному менеджменту – одно из условий выхода предприятий из кризисных ситуаций. Опыт показывает, что эффективным методом создания, внедрения и контроля предпринимательства является система сбалансированных показателей (ССП) развития производства.

Концепция ССП достаточно проста: формирование стратегии развития производства и её реализация с учётом текущих результатов в разрезе ключевых направлений деятельности предприятий [1]. Эта идея известна давно и существует мнение, что не нужно никаких новых стратегий. Достаточно изучить существующие эталонные стратегии, известные на практике и описанные в литературе (табл. 1). Используя рамочные стратегии, можно построить собственную стратегию, наиболее подходящую для конкретных условий.

Однако незначительное число компаний успешно реализует собственную стратегию и достигает стратегических целей. Причина большинства неудач заключается в многочисленных ошибках персонала при реализации стратегии и достижении поставленных задач. В значительной мере это объясняется несогласованностью стратегических планов с текущими задачами персонала. Опыт показывает, что основные причины неудач реализации стратегии компании заключаются в следующем:

подавляющее большинство персонала не связывает результаты своей работы со стратегическими целями компании;

значительная часть компаний ориентирует бюджет на текущую деятельность, а не на развитие предприятия;

большинство показателей эффективности деятельности компании не связаны с необходимостью достижения стратегических целей;

разработано незначительное число внутриструктурных программ, ориентированных на перспективу.

Перечисленные выше причины означают, что персонал не знает или не связывает стратегические цели компании со своей текущей деятельностью, а распределение ресурсов и бюджетов не связано со стратегией компании. Контроль деятельности сотрудников охватывает далеко не все важные для бизнеса направления и показатели, а мотивация сотрудников направлена на выполнение текущих планов.

Исследования, проведённые в 80-х гг. XX в., показали, что компании ориентированы преимущественно на финансовую отчётность и показатели (капитализацию компании, увеличение добавленной стоимости и т. д.). Успех компании определяет не только эффективное использование материальных активов и денежных ресурсов, но и качество управления нематериальными активами и рисками, реакцией на запросы и ожидания заинтересованных лиц, взаимодействие с которыми руководство компании считает актуальным на данном этапе (поддержание высокой деловой репутации). Часто достижение результатов в краткосрочном периоде сопровождается снижением расходов на обучение персонала, маркетинг

и обслуживание клиентов, что в долгосрочном периоде отрицательно оказывается на общем финансовом состоянии компании. Рассмотрение этих вопросов требует специального изложения [2].

Другой важный вывод заключается в том, что менеджмент часто не понимает своей роли в реализации корпоративной стратегии и не имеет мотивации её достижения. В качестве инструмента решения этих проблем разработана концепция ССП, имеющая четыре проекции, каждая из которых ассоциируется с ключевыми вопросами функционирования компании. Ответы на вопросы представляют цели, достижение которых свидетельствует о продвижении реализации стратегии (табл. 2).

Между проекциями должны быть выявлены взаимосвязь и последовательность реализации ключевых направлений развития компании. Сначала определяются финансовые цели, ориентиры развития и совершенствования производственных процессов. Далее намечаются проблемы, связанные с привлечением клиентов, разработкой мер по улучшению восприятия клиентами

продукции или услуг компании. После этого начинается поиск средств и методов достижения поставленных целей. При этом определяются меры по совершенствованию внутренних бизнес-процессов, которые необходимо реализовать для создания новых продуктов, улучшения потребительских свойств продукции и т. д. В значительной мере это зависит от технологий, квалификации и опыта сотрудников, климата в коллективе и других факторов. Примерная схема целей по отдельным проекциям представлена на рис. 1.

В концепции ССП баланс имеет многоплановый характер, включает связь между финансовыми и другими показателями производственной деятельности, стратегическими и текущими задачами управления, а также между внутренними и внешними задачами работы предприятия и его подразделений. Для решения этих задач в рамках ССП разработаны некоторые приёмы [3].

ССП имеет удобный и наглядный инструмент – стратегическую карту, в которой описываются причинно-следственные связи между стратегическими целями по ключевым перспективам: фи-

Таблица 1

Эталонные стратегии

Стратегии		
Наименование	Описание	Сущность
Концентрированный рост	Изменения продукта и положения на рынке не затрагивают технологию, отрасль и положение предприятия	Развитие рынка Развитие продукта
Интегрированный рост	Расширение предприятия за счёт добавления новых структур Предложение новых продуктов	Вертикальная интеграция Горизонтальная интеграция
Диверсифицированный рост	Освоение нового рынка Освоение новой отрасли	Расширение сферы влияния за счёт новых рынков и новых продуктов
Сокращение	Перегруппировка сил и повышение эффективности в условиях кризисных ситуаций	Ликвидация предприятия Сокращение расходов Реорганизация

Источник: Экономика бизнеса. 2007. № 50(06). С.3.

Таблица 2

Проекции стратегически важных направлений деятельности компании

Проекция	Ключевые направления реализации
Финансы	Влияние разработанной стратегии на финансовое состояние и устойчивость компании
Клиентская база	Поддержание деловой репутации компании среди заинтересованных лиц
Производственные процессы	Оценка состояния и перспектив развития стратегически важных бизнес-процессов
Обучение и развитие персонала	Разработка программ работы с персоналом для реализации стратегии



Рис. 1. Фрагмент целей для различных направлений деятельности компании

нансы, клиенты, бизнес-процессы, персонал (табл. 3).

Цели компании (подразделения) должны быть описаны и представлены по этим перспективам. Аналогично формализуются и действия персонала по реализации не только текущих задач, но и перспективных направлений развития компании или подразделения.

Стратегическая карта позволяет оценить перспективы, цели и показатели деятельности компании или её подразделения, а также причинно-следственные связи между рассматриваемыми показателями. Эта карта позволяет довести до сотрудников или подразделений значение их роли в реализации стратегии. Карта может быть разработана для любых подразделений, и каждый исполнитель может видеть свое место и участие в реализации общей стратегии.

Стратегическая тема – группировка одинаковых целей и показателей результативности, что позволяет сделать стратегию более понятной и доступной. Исходной точкой является анализ, позволяющий выявить основные факторы, влияющие на достижение стратегических целей.

Анализ факторов влияния осуществляется не только на верхнем уровне управления, но и на уровнях отдельных направлений деятельности (производство, финансы, маркетинг, логистика, информационные технологии, персонал и т. д.).

Концепцию ССП часто понимают только как средство группировки ключевых показателей деятельности по рассматриваемым проекциям, тогда как показатели финансового положения компании дополняют социальными показателями или индикаторами. ССП фокусирует стратегию и её детализацию на целях, которые отражают различные аспекты деятельности компании. При интеграции индивидуальных целей между ними можно выявить причинно-следственные связи. Например, могут быть рассмотрены следующие цели:

- чёткая формулировка стратегии;
- согласование стратегии компании с задачами персонала;
- связь целей с бюджетом компании или её подразделений;
- идентификация проектов и задач;
- регулярная проверка подразделений (служб)

Таблица 3

**Примеры показателей различных проекций
для разработки стратегических карт**

Проекция	Показатели и индикаторы
Финансы	Материальные активы Нематериальные активы Совокупные активы на одного сотрудника Отношение дохода к совокупным активам Доходы на сотрудника Добавленная стоимость
Клиентская карта	Число клиентов Средний оборот на клиента Индекс лояльности клиентов Индекс удовлетворённости клиентов Текущесть клиентов
Производственные процессы	Рост производительности труда Объёмы производства Совершенствование технологий Использование информационных технологий Логистика Оборачиваемость запасов
Обучение и развитие персонала	Текущность персонала Программы обучения Затраты на обучение Индекс удовлетворённости сотрудников

компании для выявления необходимых корректива и т. д.

В рамках ССП необходимо различать показатели, которые оценивают текущие результаты, и показатели, относящиеся к процессам, способствующим получению запланированных результатов. Эти группы показателей должны быть увязаны между собой, так как для достижения первых (получение определённого уровня производительности труда) необходимо реализовать вторые (добиться нужной загрузки оборудования).

Одно из преимуществ ССП – обеспечение контроля достижения как финансовых, так и нефинансовых целей (увеличение узнаваемости бренда, рост деловой репутации, обеспечение лояльности клиентов, повышение удовлетворённости и квалификации сотрудников и т. д.), которые иногда значительно важнее для развития компаний, чем текущие финансовые результаты [4]. Кроме того, ССП обладает чётким механизмом превращения стратегии в оперативные действия сотрудников, что позволяет заполнить существующий во многих компаниях

пробел между разработанной стратегией и её реализацией.

Рассмотрим основные выгоды, которые получат «заинтересованные стороны» от использования концепции стратегического управления[4]. Для компании внедрение ССП означает:

комплексно и наглядно описать стратегию;
ориентировать деятельность компании на достижение поставленных целей;

перевести стратегические цели на уровень оперативного управления;

обеспечить оперативный контроль за решением текущих и перспективных задач с помощью стратегических карт;

вести непрерывный мониторинг реализации целей, проектов и процессов;

управлять нефинансовыми аспектами деятельности для достижения финансовых результатов;

распределять ресурсы компании в соответствии со стратегическими приоритетами;

получать обоснованные и более точные, правильные и оперативные решения менеджеров.

Использование системы стратегического управления для владельцев компании представляет:

эффективный инструмент для постановки целей, задач и контроля за их достижением;

чёткую программу действий и понятные ориентиры в виде стратегических карт для менеджмента;

эффективный инструмент устранения противоречий во взглядах на цели и средства их достижения;

наглядную систему ориентиров для определения баланса между инвестициями и текущим потреблением.

Выгоды для сотрудников заключаются в том, что

персонал правильно понимает стратегию компании и может оценить свой вклад в неё;

менеджеры знают за что работают, система мотивации построена на долговременной основе;

сотрудникам понятен механизм оценки эффективности их деятельности, т. е. при оценке отсутствует субъективный фактор.

Мотивация (денежное стимулирование) на базе ССП является реальным регулятором, построенным на стратегии компании, ориентированной на текущие и перспективные цели. В отличие от фиксированной заработной платы (оклада) переменная часть на базе стратегических карт стимулирует более качественное выполнение не только функциональных обязанностей, но и достижение стратегических целей компании. Система мотивации сотрудника, ориентированная на стратегию, в конечном итоге состоит из набора стратегических карт, за которые он отвечает, а оценка их выполнения влияет на итоговую премию (рис. 2).



Рис. 2. Схема мотивации персонала

Система мотивации сотрудника компании, ориентированная на стратегию, в конечном счёте зависит от набора стратегических карт, определяющих его сферу деятельности. Оценка выполнения фиксированных в картах целей и задач влияет на итоговую премию. Число карт для разных категорий сотрудников составляет: 7–12 на уровне руководства компании и подразделений; 5–7 на уровне руководства отделов; 3–5 для каждого сотрудника [5].

Размер премии (бонуса) за результаты выполнения плана работ с учётом стратегических карт может быть определён по формуле

$$S_{\text{пр}} = W_0 \left(\sum_{i=1}^n k_i \alpha_i \right),$$

где W_0 – должностной оклад сотрудника по штатному расписанию; k_i – поправочный коэффициент, зависящий от степени и качества работ, выполненных сотрудником по стратегической карте; α_i – вес коэффициента, определяемый мерой важности работ; n – число стратегических карт сотрудника.

При этом должно выполняться условие $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$, т. е. сумма «весов» составляет полную группу (условие нормирования). Значения поправочных коэффициентов и их вес определяются для каждой компании индивидуально и должны быть доведены до сотрудников.

Таким образом, ССП позволяет связать стратегию компании с набором показателей или индикаторов, индивидуально разработанных для различных уровней, подразделений и сотрудников. Основное значение ССП заключается в усилении стратегии бизнеса, формализации и доведении до каждого сотрудника целей и задач его деятельности, обеспечении мониторинга и обратной связи для отслеживания и генерации новых инициатив среди сотрудников, обоснованного поощрения результатов работы персонала.

Сегодня в большинстве компаний руководство понимает, что в условиях дефицита кадров необходимо поддерживать высокую деловую репутацию компании как хорошего работодателя. Это даёт преимущество при наборе персонала, сокращает финансовые затраты за счёт уменьшения текучести кадров и улучшает финансовые результаты, так как лояльные сотрудники работают более эффективно. Известно, что компании получают конкурентные преимущества на рынках ресурсов, в том числе и человеческих, лишь в том случае, если их репутация ассоциируется с успехом сотрудников.

Бренд работодателя является более узким понятием, чем деловая репутация компании как производителя. Он ориентирован на привлечение потенциальных и удержание уже работающих сотрудников. При этом высокая и стабильная деловая репутация компании способствует достижению высокого бренда работодателя. Отметим, что проблемы взаимоотношений и зависимостей категорий бренда и деловой репутации еще не изучены в отечественной науке. Имя компании гарантирует чёткую внутреннюю организационную структуру и хорошие условия труда. Без этого компания не может быть лидером рынка. Сотрудникам этих компаний проще понять, из чего складывается их зарплата, как они могут двигаться по карьерной лестнице, какие для этого нужны качества. Кроме того, если человек работает в известной компании (причём известность может быть и региональная), то это помогает удовлетворить свойственную большинству людей потребность в уважении и признании окружающих. Однако маловероятно, что у компаний с известным именем, но с плохой репутацией не будет отбоя от специалистов. Безусловно, правила работы с персоналом и всё, что обещается сотрудникам, обязательно нужно выполнить. При двойных стандартах создать и удержать крепкий бренд ра-

ботодателя невозможно. Если в компании начинаются серьёзные перемены (задержка зарплаты, смена собственников, изменение кадровой политики), то персонал начинает активно искать новую работу. Первыми об этом узнают рекрутинговые агентства. Такое предприятие сразу становится донором для более конкурентоспособных компаний. Бороться с этим можно, если чётко выстроить кадровую стратегию (мотивацию персонала, обучение, продвижение и пр.), а также вместе со специалистами по рекламе размещать в СМИ материалы, характеризующие компанию как привлекательного работодателя.

В последнее время методы и этапы подбора специалистов сосредоточены в специализированных кадровых агентствах, оказывающих услуги хедхантинга [6]. Так принято называть содействие в решении проблем управленческого кризиса той или иной степени сложности. Опытные консультанты этих агентств вместе с заказчиками, которыми являются собственники компаний, разрабатывают новые управленческие структуры, находят специалистов, способных реализовать намеченные планы. При этом используются различные методы поиска, основу которых составляют наработанные профессиональные знания и связи консультантов, глубокое понимание происходящего в данном секторе экономики и в компании.

Цель хедхантинга – найти лучших кандидатов на свободную вакансию. Любая вакансия уникальна, так как возникает в конкретной компании в определённый момент времени: нет двух одинаковых компаний и требований к специалистам на конкретные вакансии. Поэтому, подбирая канди-

дата, консультант должен «вести» специалиста до окончания «гарантийного» срока. Для подобных проектов это минимум шесть месяцев и более. Кроме того, консультант должен выступать арбитром для обеих сторон, помогать находить решения возникающих проблем и локальных конфликтов, которые неизбежны на первых этапах работы.

В заключение следует отметить, что результат каждого проекта – плод деятельности многих людей, целой проектной команды. Их труд, как и любой подобный труд, стоит дорого, сроки и результаты каждого проекта всегда непредсказуемы. Можно решить задачу, прибегнув к услугам «первого кандидата», а можно потратить значительное время и сменить несколько направлений поиска прежде чем удастся найти единственно подходящего специалиста. Эти факторы определяют достаточно высокие цены на услугу хедхантинга и делают её доступной только для крупных компаний.

Библиографические ссылки

1. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. М.: Олимп-Бизнес, 2006. 213 с.
2. Мазур Н.И. и др. Корпоративный менеджмент. М.: Высшая школа, 2003. 143 с.
3. Гершун А., Горский М. Технологии сбалансированного управления. М.: Олимп-Бизнес, 2006. 154 с.
4. Мескон М.Х. и др. Основы менеджмента. М.: Дело, 1992. 546 с.
5. Лаптева А. Грейдинг как инструмент мотивации персонала // Финансовая газета. Региональный выпуск. 2008. № 33. С. 7.
6. Соловьев Р. Хедхантинг: способы и этапы подбора специалистов // Финансовая газета. Региональный выпуск. 2008. № 30. С. 5.



СПРАВОЧНИК ТОКАРЯ-УНИВЕРСАЛА

В.Ф. Безъязычный, В.Г. Моисеев, Д.Г. Белецкий и др.

Под ред. М.Г. Шеметова, В.Ф. Безъязычного

576 с. : ил. ISBN: 978-5-217-03393-5

Цена 440 р.

Изложены сведения о процессах и режимах резания, нормировании токарных работ. Приведены методы повышения производительности труда, технические характеристики оборудования, описание технологической оснастки и инструмента, данные по обработке особо сложных деталей. Приведены сведения из опыта работы отечественных и зарубежных промышленных предприятий.

Второе издание (1-е изд. 1987 г.) переработано в соответствии с современной научно-технической документацией и дополнено сведениями об обеспечении точности и управлении качеством при токарной обработке. В приложении более развернуто представлен материал о повышении качества поверхности методами пластического деформирования.

Для токарей-универсалов всех отраслей промышленности, может быть полезен учащимся учреждений среднего профессионального образования.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Строгий пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 338.984 ББК 65.291-983

Е.Р. Михалко, канд. экон. наук, доц.
(Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)
a.mikhalko@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Обосновано распределение инвестиционных ресурсов для экономической безопасности и научно-технического развития производственных систем, распределения ресурсов по отдельным операциям инвестиционного проекта, оптимизации графика финансирования инвестиционной деятельности производственной системы, проектирования календарного плана выполнения инвестиционного проекта с учётом совмещения независимых операций.

Ключевые слова: экономическая безопасность, ресурсы, инвестиционный проект, оптимизация.

Investment resource distribution for production system economic safety and scientific and technical development, resource distribution of the investment project separate operations, financing schedule optimization of the production system investment activity, calendar plan designing of the investment project implementation by taking into account the independent operations combination is substantiated.

Key words: economic safety, resource, investment project, optimization.

В условиях современной рыночной экономики инвестиционные проекты являются определяющими факторами производства, влияют на формирование инновационного потенциала и, таким образом, служат основой устойчивого развития производственных систем. Способность системы генерировать новые знания, инновации и практически их реализовывать определяет механизмы развития и обеспечения экономической безопасности. Поэтому для экономической безопасности производственных систем необходимо создать оптимальные условия инвестирования в инновационную деятельность.

Лучшие инвестиционные проекты и правильные бизнес-решения бесполезны, если они не доведены до практической реализации и не приносят реальной отдачи. Эффект достигается трансформацией стратегий по достижению целей в конкретные задания с последующим их доведением до конкретных исполнителей. Система управления контролирует текущее состояние процессов распределения ресурсов в производственной системе в любой момент времени и предпринимает необходимые действия с учётом изменившихся обстоятельств, поэтому разработанные инвестиционные проекты не теряют своей актуальности.

Экономическая безопасность производственной системы – это, с одной стороны, комплекс внутренних и внешних мероприятий, которые регулируют воздействие и активно противодействуют внешним и внутренним угрозам; обеспечивают защиту инновационного потенциала; фор-

мируют внутреннюю невосприимчивость и внешнюю защищённость от воздействий кризисов; повышают конкурентоспособность системы. С другой стороны, это сложившаяся структура элементов системы, позволяющая реализовывать эти мероприятия [1].

Экономическая безопасность каждой производственной системы опирается на имеющиеся ресурсы, их специфику и сильные компоненты, но не может быть обеспечена вне взаимодействия с другими системами.

Развитие экономики увеличивает возможность выживания производственных систем, а также сопротивляемость и приспособляемость к внешним и внутренним угрозам. Поэтому важной задачей обеспечения экономической безопасности производственных систем является эффективное использование ресурсов для получения максимального результата на основании практического применения инноваций в сфере технологий, организации производства, управления социально-экономическими процессами.

Поддержание необходимого уровня инвестиционных вложений в инновационную деятельность – необходимое условие обеспечения экономической безопасности системы.

Инвестиционное обеспечение экономической безопасности – это способность производственной системы обеспечить инновационное развитие и расширенное воспроизводство с использованием инвестиционных ресурсов.

Для инновационного развития производственных систем необходимо существенно увеличить

объём инвестиций, обеспечивающих прирост основных фондов в производственных системах в размере, достаточном для получения рассчитываемого увеличения экономического роста при повышении эффективности использования мощностей. Поэтому можно считать, что источники финансирования и стратегические решения, касающиеся различных инвестиционных проектов, формируют основу экономической безопасности производственной системы.

Для успешной организации работ по планированию, реализации мероприятий и контролю финансирования инвестиционной деятельности необходимо решить задачу оптимизации распределения ресурсов для обеспечения экономической безопасности инвестиционных проектов.

Для оптимизации распределения ресурсов необходимо повысить эффективность процесса управления финансированием инвестиционной деятельности обеспечением экономической безопасности инвестиционных проектов. Оптимизация распределения ресурсов представляет собой задачу распределения ограниченного количества ресурсов между несколькими независимыми проектами одного субъекта. В качестве критерия оптимальности принимается либо момент завершения инвестиционной деятельности, либо упущеная выгода, т. е. взвешенная сумма моментов завершения реализации отдельных проектов.

Метод оптимизации распределения ресурсов основан на агрегированном представлении каждого проекта в виде n независимых операций.

Можно выделить три случая идеального агрегирования:

скорость операций является линейной функцией от количества ресурсов;

скорость операций является нелинейной функцией от количества ресурсов;

каждая операция выполняется установленным количеством ресурсов.

Для идеального агрегирования разработаны точные методы решения задачи минимизации длительности инвестиционных проектов, а также приближённые методы решения задачи упущеной выгоды.

Распределение ресурсов по n отдельным операциям инвестиционного проекта. Инвестиционный проект может включать несколько независимых операций, направленных на решение конкретных задач. Деление инвестиционного проекта на операции осуществляется исходя из масштабности и сложности решаемых проблем, а также необходимости рациональной организации их решения.

Представим инвестиционную деятельность в виде k независимых проектов. При этом любой проект в агрегированном виде записывается как операция с помощью двух характеристик:

объёма проекта V_i ;

зависимости скорости практической реализации проекта $v_i(t) = f_i(u_i(t))$ от доступности определённого количества ресурсов $u_i(t)$ в момент времени t .

Объём i -го проекта, скорость его реализации и момент завершения проекта (T_i) запишутся в виде

$$V_i = \int_0^{T_i} f_i(u_i(t)) dt.$$

Обозначим величину ресурсов на осуществление инвестиционной деятельности как $R(t)$.

Задача заключается в распределении данных ресурсов по отдельным независимым операциям так, чтобы инвестиционная деятельность реализовалась за минимальное время $T = \max_i T_i$.

Когда поступление ресурсов во времени равномерно или $R(t)=R$ в любой промежуток времени t , а $f_i(u_i)$ – вогнутые функции u_i , задача оптимального распределения ресурсов подробно исследована в работе [2].

При оптимальном распределении ресурсов все операции завершаются в одно время;

каждая операция выполняется при постоянном уровне ресурсов $u_i(t)=u_i$, $i = 1, k$, $t \in [0, T]$, а, следовательно, с постоянной скоростью.

Если момент окончания всех операций T , то $v_i = \frac{V_i}{T}$ – постоянная скорость i -й операции.

Если обозначить функцией $g_i(v_i)$ функцию, обратную $f_i(u_i)$, то формула

$$u_i = g_i\left(\frac{V_i}{T}\right)$$

определяет количество ресурсов, требуемое для завершения i -й операции за время T .

Минимальное время T в таком случае определяется из уравнения

$$R = \sum_{i=1}^k g_i\left(\frac{V_i}{T}\right).$$

Процесс обеспечения экономической безопасности инвестиционных проектов представляет собой совокупность методов, методик, моделей, программных и технических средств, применяемых для разработки и реализации проектов, т. е., специфических процессов, ограниченных во времени и требующих затрат ресурсов. Существенную часть моделей и методов управления инвестиционными проектами составляют задачи построения календарных планов реализации проект-

ных операций, связанных с распределением ограниченных ресурсов.

Оптимизация графика финансирования инвестиционной деятельности производственной системы. Пусть зависимости $f_i(u_i)$ – вогнутые функции количества ресурсов u_i . В таком случае при заданном общем объёме финансирования на отрезке $[0, T]$ максимум объёма выполненных работ достигается в результате равномерного поступления средств.

В качестве доказательства проанализируем два периода длительности T_1 и T_2 с уровнями финансирования R_1 и R_2 соответственно.

Обозначим распределение ресурсов в периодах T_1 и T_2 как $u^1=\{u_i^1\}$ и $u^2=\{u_i^2\}$.

Соответственно по i -му инвестиционному проекту будет выполнен объём работ

$$f_i(u_i^1)T_1 + f_i(u_i^2)T_2.$$

Предположим, что финансирование в объёме $R_1T_1+R_2T_2$ на отрезке $[0; T_1+T_2]$ осуществляется равномерно с уровнем финансирования в единице времени:

$$R = \frac{R_1T_1 + R_2T_2}{T_1 + T_2}.$$

Проанализируем распределение ресурсов R по проектам:

$$u_i = \frac{T_1}{T_1 + T_2} u_i^1 + \frac{T_2}{T_1 + T_2} u_i^2.$$

Это означает, что распределение ресурсов есть выпуклая линейная комбинация распределения функций u^1 и u^2 . Функция $f_i(u_i)$ запишется в виде

$$\begin{aligned} f_i(u_i) &= f_i\left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} u_i^1 + \frac{T_2}{T_1 + T_2} u_i^2\right) \geq \\ &\geq \frac{T_1}{T_1 + T_2} f_i(u_i^1) + \frac{T_2}{T_1 + T_2} f_i(u_i^2). \end{aligned}$$

Следовательно, объём работ, выполненный в двух временных периодах при условии равномерного поступления финансовых ресурсов составит $f_i(u_i)(T_1+T_2)$ (строго больше при вогнутых зависимостях) объёма работ при условии неравномерного поступления ресурсов.

Доказанный факт позволяет оптимизировать график поступления ресурсов в сторону равномерности, которая достигается сдвигом финансирования инвестиционных проектов на более поздний период.

Эффективность управления инвестиционным проектом оценивается по годам или этапам в течение всего периода инвестиционной деятельности, а при необходимости и после её завершения.

Проектирование календарного плана выполнения инвестиционного проекта с учётом совмещения независимых операций. Процесс распределения инвестиционных ресурсов можно рассматривать в отрыве от процесса расширенного воспроизведения, которое представляет собой накопление, т. е. приращение ресурсов, обеспечивающее положительную динамику развития производственной системы. Задача управления процессом расширенного воспроизведения заключается в поддержании оптимального соотношения между величинами накопления и потребления общественного продукта. Данное соотношение определяется эффективностью использования инвестиционных ресурсов.

Инвестиционные проекты реализуются при отвлечении значительных объёмов ресурсов производственной системы. Большая длительность инвестиционного цикла и высокая стоимость требуют совмещения операций в рамках инвестиционных проектов.

Частным случаем агрегированного описания инвестиционного проекта является его представление в виде последовательности n агрегированных операций, взаимосвязь между которыми учитывается величиной, характеризующей возможность совмещения отдельных операций инвестиционного цикла во времени и пространстве или коэффициентами совмещения.

Коэффициент совмещения операций инвестиционного проекта представляет собой отношение суммарного времени совмещения процессов и операций к суммарному времени их последовательного выполнения [3].

При этом коэффициент совмещения на начало операций $[\alpha_{bh}]$ означает, что операцию b можно начинать только при условии, если выполнена определённая часть (α_{bh}) операции h .

Коэффициент совмещения на конец операций $[\gamma_{bh}]$ означает, что после завершения операции b необходимо осуществить не менее определённую часть (γ_{bh}) операции h .

Коэффициенты совмещения позволяют описывать как ресурсные так и технологические зависимости.

Наличие коэффициентов совмещения $[\alpha_{bh}]$ и $[\gamma_{bh}]$ не означает, что операция b должна начаться/завершиться раньше чем начнётся/завершится операция h , а означает, что они имеют смысл, если операция b начнётся/завершится раньше операции h . Более того, операция h может начаться/завершиться раньше, чем операция d .

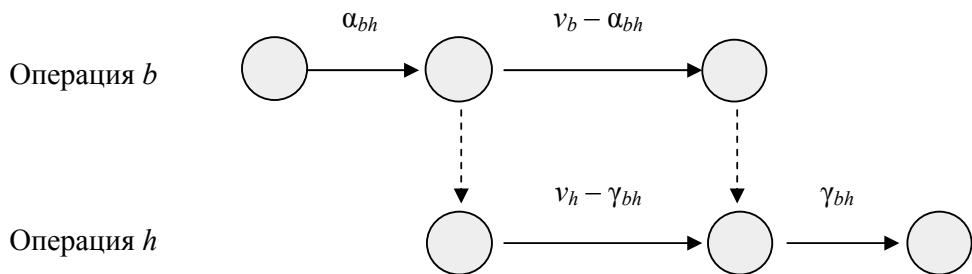


Рис. 1. Сетевой график А

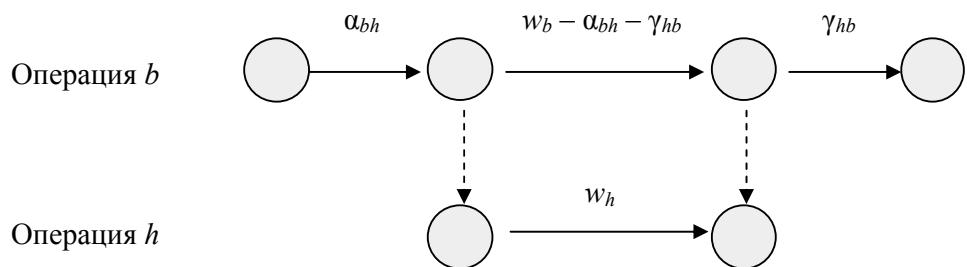


Рис. 2. Сетевой график В

В этом случае появляются коэффициенты совмещения $[\alpha_{bh}]$ и (γ_{bh}) .

Если очерёдность операций запланирована, то можно построить сетевую модель и определить оптимальное распределение ресурсов этой модели. Чтобы убедиться в этом, достаточно рассмотреть операции b и h , а для формального описания операций необходимо задать их объём $[v_b]$ и $[v_h]$ соответственно.

Если операция b начинается и заканчивается раньше операции h , то получаем сетевой график А (рис. 1).

Если операция b начинается раньше операции h , а заканчивается позже, то сетевой график будет иметь вид В (рис. 2).

Аналогичным образом можно представить остальные случаи выполнения операций по инвестиционному проекту i .

Проектирование календарного плана реализации инвестиционного проекта на основе агрегирования комплекса операций с линейными зависимостями произвольного вида позволяет получить решение реальной задачи распределения нескольких типов инвестиционных ресурсов.

Таким образом, комплексная оценка эффективности управления производственными системами промышленного комплекса Российской

Федерации реализацией инвестиционных проектов позволяет корректировать нормативно-правовую базу в части условий реализации инвестиционной деятельности.

Значение полученных методических результатов для практики состоит в создании возможностей для управления процессами разработки и реализации инвестиционных проектов с учётом имеющихся ресурсов и конъюнктуры рынка, а также планирования и, как следствие, повышения конкурентоспособности производственных систем.

Библиографические ссылки

- 1. Михалко Е.Р.** Экономическая безопасность потребительской кооперации в условиях инновационного развития: Монография. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2009. 340 с.
- 2. Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Ловецкий С.Е.** Прикладные задачи теории графов. Тбилиси: Мецниереба, 1973. 234 с.
- 3. Дадалко В.А., Михалко Е.Р., Савчук Э.А.** Экономико-математическая модель оценки эффективности управления комплексом федеральных целевых программ в сферах обеспечения безопасности и научно-технического развития России // Экономические науки. 2010. № 6. С. 223–231.



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

ОБОРОТ КОМПАНИИ SOFTLINE ПО ИТОГАМ 2010 ФИНАНСОВОГО ГОДА В РАЗЫ ПРЕВЫСИЛ РОСТ ИТ-РЫНКА

Компания Softline, образованная в 1993 г., – ведущая международная компания в сфере лицензирования программного обеспечения и оказания полного спектра IT-услуг по обучению, консалтингу, технической и юридической поддержкам, IT-аутсорсингу – является ведущим поставщиком более 3000 производителей программного обеспечения.

Обладающая 18-летним опытом успешной работы на рынке информационных технологий компания занимает одну из лидирующих позиций в области лицензирования программного обеспечения и предоставления полного спектра услуг по построению, оптимизации, поддержке и развитию IT-инфраструктуры заказчика. Оборот компании за 2010 финансовый год составил 456 млн долл., что на 58 % превышает показатели 2009 финансового года и в разы – рост ИТ-рынка. В штате Softline – 1700 сотрудников. Компания представлена в 21 стране и 65 городах по всему миру, в 2010 финансовом году открыты представительства в пяти новых странах.

Компания Softline обладает уникальной экспертизой в построении и оптимизации ИТ-систем, опытом в реализации проектов различного масштаба во всех отраслях рынка, предлагает полный спектр услуг по эффективному обслужи-

ванию ИТ-инфраструктуры предприятия. В штате компании более 500 сертифицированных ИТ-специалистов по всему миру. Система менеджмента компании соответствует международному стандарту ISO 9001:2008.

«Вот уже 18 лет компания Softline занимает лидирующие позиции на рынке ИТ. По итогам 2010 финансового года оборот группы в разы превысил рост ИТ-рынка, мы превзошли показатели докризисного 2008 г. – это знак, что кризис закончен, рынок устойчиво растет. За последние 5 лет оборот бизнеса вырос в 10 раз, и это – превосходный результат! Softline является единой точкой входа для решения всех ИТ-задач компаний: от лицензирования ПО до внедрения сложных комплексных ИТ-решений, от обучения ИТ-специалистов до технического сопровождения ИТ-системы заказчика. С момента основания компании и по сей день основным приоритетом для нас является предложение инновационных и эффективных решений для бизнеса. Мы знаем, как поставить технологии на службу бизнесу наиболее рациональным и продуктивным способом», – отметил Игорь Боровиков, председатель совета директоров Softline.

В стратегических планах Softline до 2015 г. – рост в пять раз с достижением оборота в размере 2,5 млрд долл.; доведение доли сервисов до 25 %, доли Cloud+SaaS – до 10 %, собственного ПО – до 5 % в обороте компании. Ожидаемый рост сервисного направления – на 100 % в год, продаж программного обеспечения – на 30 % в год.



ЭНЦИКЛОПЕДИЯ “МАШИНОСТРОЕНИЕ” ТОМ IV-23. "ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ". П.С. Анисимов, В.А. Винокуров, В.И. Воробьев и др.

Под ред. Б.А. Левина, П.С. Анисимова

2008. – 656 с.: ил ISBN: 978-5-217-03384-3

Цена 1000 р.

Приведены особенности проектирования и конструкций подвижного состава железных дорог мира: тепловозов, электровозов, электропоездов различных типов, перспективных локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов, их несущих конструкций, ходовых частей, тормозов, тягового и электрического оборудования, систем управления, транспортных систем с магнитным подвешиванием и линейным электроприводом.

Рассмотрены тенденции и перспективы развития железнодорожного транспорта, в том числе высокоскоростного.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU



ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

УДК 621.002.51

По страницам журналов

Применение основанного на когнитивном анализе метода обработки документов для повышения эффективности их поиска в сети Интернет. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 11.

Предложен новый метод обработки текстовых документов, основанный на когнитивном анализе. Показана целесообразность применения метода в составе распределённой мультиагентной поисковой системы.

Некоторые проблемы синтаксиса регулярных выражений стандарта Perl. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 11.

Рассмотрены некоторые проблемы синтаксиса регулярных выражений Perl: проблемы, порождаемые зависимостью операторов поиска от контекста регулярного выражения, нехватка управляющих метасимволов, трудности с обратными ссылками и их действие вне регулярного выражения, недостатки современного дизайна модификаторов. Приведены примеры кода, представлены возможные пути решения данных проблем.

Расчётно-экспериментальный метод прогнозирования остаточного ресурса зубчатых передач. Автомобильная промышленность. 2010. № 11.

Предложена методика формирования блоков нагружения зубьев шестерни при проведении ресурсных испытаний зубчатых передач, рассматривающая каждый зуб как отдельный объект испытаний и позволяющая по результатам вибромониторинга прогнозировать остаточный ресурс зубчатых пар.

Особенности определения рациональных параметров деформирующих элементов и технологических режимов обработки при поверхностном пластическом деформировании. Упрочняющие технологии. 2010. № 12.

Рассмотрены особенности процесса поверхностного пластического деформирования и методики выбора рациональных конструктивных параметров деформирующих элементов обрабатывающего инструмента. Сформулированы основные выводы, которые могут быть рекомендованы и положены в основу при создании прогрессивного инструмента для поверхностного пластического деформирования, а также при выборе рациональных технологических режимов обработки.

Значение рельефа поверхности в формировании покрытия при соударении нагретых частиц с подложкой. Упрочняющие технологии. 2010. № 12.

Изучено значение рельефа поверхности в формировании покрытия при детонационном напылении. Исследованы покрытия из тугоплавкого порошка кермета WC/Co и относительно легкоплавкого сплава NiCrSiBC. Установлено, что при оптимальном режиме напыления прочность связи покрытий из кермета превышает 200 МПа независимо от способа предварительной подготовки поверхности подложки, а покрытия из NiCrSiBC демонстрируют чрезвычайную чувствительность к характеристикам рельефа поверхности. Их прочность связи менялась от 180 МПа до нуля. Выявлено, что напыляемые в оптимальном режиме частицы легкоплавкого материала способны эффективно проплавить подложку лишь в условиях хорошо развитого шероховатого рельефа.

Исследования износостойких электроискровых покрытий с нанокристаллической и аморфной структурой. Упрочняющие технологии. 2010. № 12.

Приведены результаты исследований новых электроискровых покрытий имеющих аморфную и нанокристаллическую структуру. Проанализированы результаты металлографических и рентгеноструктурных исследований. Проведены замеры твёрдости и толщины исследуемых покрытий.

Разработка технологий поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента на основе научно-методологического комплекса инженерии поверхности металлических материалов. Упрочняющие технологии. 2010. № 12.

Представлен научно-методологический комплекс инженерии поверхности металлических материалов, представляющий собой совокупность теоретических, экспериментальных и технологических исследований, направленных на разработку эффективных технологий поверхностного упрочнения деталей машин и инструмента.

Расчёт истинного объёма трения. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 12.

Предлагается метод расчёта размера критического объёма трения, адекватного понятию современной трибологии о равновесной шероховатости. Этот размер объёма трения представляет собой размер элементарной трибологической системы, которая в рамках модели движущегося крити-

ческого объёма трения есть элементарный трибогенератор энергии.

Особенности системного обеспечения работоспособности узлов трения космической техники. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 12.

Рассмотрены системные факторы, отражающие специфику проблем обеспечения работоспособности узлов трения в условиях космоса. К основным объектам анализа отнесены особенности устройства приводов –источников движения; характер их быстродействия; вопросы стабильности и величины трения; специфика применяемых материалов, а также ряд способов, разрабатываемых авторами для применения на изделиях ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

Трение и износ ионно-имплантированного сверхвысокомолекулярного полиэтилена для имплантатов. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 10.

С целью разработки полимерных имплантатов, применяемых в эндо- и кардиопротезировании, исследовано влияние модификации поверхности сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) ионной имплантацией AlB_x^+ различной дозы ($0,5$, 1 и $2 \cdot 10^{17}$ ион/ см^2) на его фрикционные свойства. Показано, что ионная имплантация поверхности СВМПЭ оптимальной дозой ($1 \cdot 10^{17}$ ион/ см^2) приводит к увеличению износостойкости в 4 раза по сравнению с исходным полимером. Методами оптической профилометрии, рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной микроскопии и ИК-спектроскопии исследованы дорожки трения и надмолекулярная структура объёма и поверхностных слоёв трибосопряжения. Показано, что ионная имплантация приводит к изменению надмолекулярной структуры в поверхностных слоях и, как следствие, способствует формированию плёнок фрикционного переноса на стадии установившегося износа СВМПЭ. Показано, что ионная имплантация СВМПЭ аналогично механической активации улучшает триботехнические свойства полимера в результате упорядочения надмолекулярной структуры в поверхностном слое.

Трибологические свойства некоторых титановых сплавов для теплообменного оборудования. Трение и смазка в машинах и механизмах. 2010. № 10.

Исследованы трибологические характеристики двух сочетаний титановых сплавов: ПТ-7М – ВТ1-00 и ПТ-7М – ПТ-7М в условиях трения скольжения без смазки. Выявлено периодическое изменение коэффициента трения, связанное с периодическим формированием и разрушением вторичных структур, что является проявлением усталостной природы изнашивания. Получены зависимости коэффициента трения от давления на контакте.

Построены экспериментальные кривые фрикционной усталости и определены параметры в соответствующих уравнениях. Результаты исследования являются основанием для расчёта некоторых номинально неподвижных соединений теплообменных аппаратов на фреттинг-износ по закономерностям усталостного механизма изнашивания.

Шероховатость полузакрытой поверхности винтов счётчиков нефтепродуктов при лезвийной обработке. Инженерный журнал «Справочник». 2010. № 12.

Предложена методика определения шероховатости полузакрытой винтовой поверхности при обработке винтов счётчиков учёта жидкостей, позволяющая прогнозировать шероховатость поверхности при различных схемах обработки.

Исследование метода многократной коррекции при сопряжении изделия с рабочей поверхностью, ограниченной фиксаторами. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 12.

Рассмотрен способ коррекции изделия при установке его на рабочую поверхность, ограниченную фиксаторами, простейшими цикловыми механизмами, не имеющими технического зрения. Доказана возможность применения указанного способа, что позволяет расширить функциональные возможности механизмов загрузки-разгрузки при обслуживании высокопроизводительного технологического оборудования за счёт обеспечения установки изделий из более широкого диапазона их начальных положений.

Использование меры близости для определения функционально-пространственной структуры машиносборочного производства. Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 12.

Предложен метод синтеза планировочных решений участков и цехов, базирующийся на генетических алгоритмах и эвристике. В качестве целевых функций метода используется ряд свойств модели, мера близости, комплексные критерии эвристики. Генетические алгоритмы обеспечивают формирование групп деталей, соответствие изготавливаемых деталей и технологического оборудования и определение состава производственных участков (подучастков). При помощи эвристики формируется принципиальное пространственное решение.

Моделирование процесса подготовки ракеты космического назначения к пуску. Полёт. 2010. № 12.

Приведены анализ и усовершенствованный метод представления в виде сетевого графика технологического процесса подготовки ракеты космического назначения (РКН) на техническом и стартовом комплексах (ТК и СК). Предложена имитационная модель отдельных технологических операций и операций контроля технологического процесса подготовки РКН на ТК и СК, использующая аппаратуру сетей Петри.