



ТЕХНОЛОГИЯ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

**ОБЗОРНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ**

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:**

Гл. редактор

В. А. Казаков

Зам. гл. редактора

Н. В. Посметная

Н. П. Бирюкова

Р. С. Голов

В. Д. Горбач

С. Н. Григорьев

Б. В. Гусев

А. В. Дуб

В. М. Ермаков

А. С. Зубченко

А. В. Иванайский

Е. А. Калашников

В. В. Капустин

А. Л. Карунин

И. П. Ксенович

А. Е. Лигачев

А. А. Лозован

В. П. Лялякин

Е. А. Мачнев

А. В. Медарь

Б. А. Никитин

Н. А. Паничев

В. Н. Семенов

О. С. Сироткин

А. К. Скворчевский

Н. В. Смирнов

А. В. Телушкин

А. Н. Феофанов

В. А. Фролов

В. К. Шелег

И. Н. Шиганов

Редакция:

С. В. Богус,

Л. Т. Мартыненко,

Т. П. Маслик

Компьютерная верстка:

Е. В. Конова

Дизайн обложки:

Е. С. Благовидов

Специальные

корреспонденты:

А. Н. Иванов, А. В. Казаков,

Ан. А. Суслов

Редактор-переводчик

Е. О. Егорова

Корректор

Е. В. Комиссарова

**5 (71)
Май
2008**

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Издательский центр

"Технология машиностроения"

Журнал издается при содействии

Министерства промышленности

и энергетики РФ,

Министерства образования и науки РФ,

Российской инженерной академии,

Союза машиностроителей России,

ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

Адрес для корреспонденции:

129626, Москва, а/я 01

Контактный тел.: (495) 796 2491

E-mail: tm@folium.ru

(с пометкой для журнала

"Технология машиностроения")

[Http://www.tm.folium.ru](http://www.tm.folium.ru)

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-7779

**Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для
публикации трудов соискателей ученых степеней**

Перепечатка материалов из журнала "Технология машиностроения" возможна
при обязательном согласовании с редакцией журнала

При перепечатке материалов ссылка
на журнал "Технология машиностроения" обязательна

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Чертов В. М. — Волокнистые конструкционные материалы деталей оборудования для термической обработки . . . 5

ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Руцкий Д. В., Жульев С. И., Бод К. Ю. — Применение сдвоенных ступенчатых слитков для производства поковок . . . 7

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ, ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ

Федоренко М. А. — Ротационная обработка крупногабаритных поверхностей вращения . . . 10

Тюрин А. Н. — Баланс энергии взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании . . . 12

Бекасов Д. Л., Воронов В. Н. — Экспериментальные исследования процесса фрезоточения некруглых профилей . . . 15

Иванов В. С. — Итерационный метод решения системы уравнений в задачах циклоидального формообразования деталей при обработке вращающимся лезвийным инструментом . . . 17

СТАНКОСТРОЕНИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Рогов В. А., Позняк Г. Г., Копылов В. В., Кошеленко А. С., Хамдан Я. М. — Исследование напряженно-деформированного состояния стоек технологического оборудования с помощью поляризационно-оптической модели . . . 23

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЙ

Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Макарова Л. И., Екимов В. С., Труфакина Л. М. — Применение новых технологий защиты магистральных трубопроводов от коррозии и износа . . . 25

МЕТРОЛОГИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Косаревский С. В. — Метод контроля геометрических параметров крупногабаритных деталей с перебазированием на координатно-измерительной машине при помощи программного обеспечения Calypso . . . 27

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Головаш А. Н., Слинкин С. А., Должиков С. Н., Шахов В. Г. — Оценка геометрических параметров колесных пар железнодорожных вагонов . . . 30

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Чертов В. М. — Возможность замены бронзы в приборостроении . . . 34

ЭНЕРГЕТИКА

Хромченко Ф. А. — Сварочные технологии ремонта элементов трубопроводных систем теплоэнергетики. Ч. 2. Ремонт сварных соединений трубопроводов II—IV категорий . . . 36

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ, САПР

Волков Д. В., Щукин М. В. — Архив конструкторской документации: от бумажных оригиналов к электронным копиям . . . 42

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Бербасова Н. Ю., Куликов В. П., Основский В. А., Тарасенко С. И. — Управление качеством сварных конструкций на основе системно-процессного моделирования . . . 48

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Комплексная система контроля качества. Контроль качества материалов и полуфабрикатов, используемых при изготовлении изделий авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения, на предприятиях-поставщиках. Общие требования (ГОСТ Р 52745—2007) . . . 55

Глебов А. А. — Методика гармонизации стандартов России и API на продукцию нефтегазового машиностроения . . . 61

ОХРАНА ТРУДА В МАШИНОСТРОЕНИИ

Дорошенко Н. В. — Вентиляция участков газовой резки металлолома . . . 64

ЭКОНОМИКА МАШИНОСТРОЕНИЯ, ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Курносов Н. Е., Шерстобитова Т. И., Тарнапольский А. В. — Проблемы коммерциализации вихревых устройств для распыления жидкостей . . . 68

Рафаилов А. П., Проскуряков В. А. — Подходы к определению эффективности проекта и оценке труда разработчика на примере научно-исследовательской организации . . . 71

Волочиенко В. А. — Организация выполнения оперативных планов производства на основе распознавания проблемных ситуаций, вызванных внешними и внутренними возмущениями . . . 75

Силюнова М. В. — Повышение конкурентоспособности газотурбинных двигателей на основе функционально-стоимостного анализа производственных стадий жизненного цикла . . . 80

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Суминов В. М., Гребенюк Е. И. — Организационно-методическое сопровождение трудоустройства выпускников кафедры "Технология производства приборов и систем управления" "МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского . . . 84

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Потапова Г. С. — Содержание зарубежных журналов . . . 86

ИНФОРМАЦИЯ

Иванов А. Н. — 8-я Международная выставка "Индустрия пластмасс — 2007" . . . 89

Добринский Е. С., Сеин В. А. — Особенности развития национального автомобилестроения в 2007 г. . . . 94

Календарь выставок на III кв. 2008 г. . . . 99



TEKHNOLOGIYA MASHINOSTROENIYA

REVIEW-ANALYTICAL, SCIENTIFIC-TECHNICAL
AND PRODUCTION JOURNAL

**EDITORIAL
BOARD:**

V. A. Kazakov
Editor-in-Chief

N. V. Posmetnaya
Deputy Editor-in-Chief

N. P. Biryukova
R. S. Golov
V. D. Gorbach
S. N. Grigoryev
B. V. Gusev
A. V. Dub
V. M. Ermakov
A. S. Zubchenko
A. V. Ivanaysky
E. A. Kalashnikov
V. V. Kapustin
A. L. Karunin
I. P. Ksenevich
A. E. Ligachev
A. A. Lozovan
V. P. Lyalyakin
E. A. Machnev
A. V. Medar
B. A. Nikitin
N. A. Panichev
V. N. Semenov
O. S. Sirotkin
A. K. Skvorchevsky
N. V. Smirnov
A. V. Telushkin
A. N. Feofanov
V. A. Frolov
V. K. Sheleg
I. N. Shiganov

Editorial staff:

S. V. Bogus,
L. T. Martynenko, T. P. Maslik

Computerized making-up:
E. V. Konova

Cover design:
E. S. Blagovidov

Special correspondents:
A. N. Ivanov, A. V. Kazakov,
An. A. Suslov

Editor-translator
E. O. Egorova

Proof-reader
E. V. Komissarova

**5 (71)
May
2008**

FOUNDER:

Publishing Centre

"Tekhnologiya Mashinostroeniya"

Journal is published in collaboration
with RF Ministry of Industry and Energetics,
RF Ministry of Education and Science,
Russian Engineering Academy,
The Union of machine engineers
of Russia
TSNIITMASH, JSC

Address: P.O.B.01, Moscow,
129626, Russia

Tel.: (495) 796 2491

E-mail: tm@folium.ru
(marked for journal

"Tekhnologiya Mashinostroeniya")
[Http://www.tm.folium.ru](http://www.tm.folium.ru)

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele-and-Broadcasting
and Mass Communications Media

Registration certificate ПИ № 77-7779

**Journal is included into the list of editions certified by RF Supreme Attestation
Committee for publication of competitors works for scientific degrees**

Reprinting of materials from "Tekhnologiya Mashinostroeniya" journal is possible in case
of obligatory permission of editorial staff

Reference to "Tekhnologiya Mashinostroeniya"
at reprint is obligatory

CONTENTS

STRUCTURAL MATERIALS, METAL SCIENCE

- Chertov V. M.** — Fibrous structural materials of the heat-treating equipment components 5

BLANK PRODUCTION

- Routsky D. V., Zhulyev S. I., Bod K. Yu.** — Use of double stepped ingots for forging production 7

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR MACHINING, PHYSICOTECHNICAL PROCESSING, NON-CUTTING SHAPING

- Fedorenko M. A.** — Rotary treatment of the large-size revolving surfaces 10

- Tyurin A. N.** — Tool-blank part interaction energy balance at super-finishing 12

- Bekasov D. L., Voronov V. N.** — Experimental investigation of the nonround shape mill turning. 15

- Ivanov V. S.** — Iterative method of the combined equations solution in the tasks of components cycloidal shaping at the rotating edge tool work 17

TOOLING PRODUCTION

- Rogov V. A., Poznyak G. G., Kopylov V. V., Koshelenko A. S., Khamdan Ya. M.** — Analysis of the polarized optical model of the process equipment bays. 23

SPECIAL TECHNOLOGIES

- Sarayev Yu. N., Bezborodov V. P., Makarova L. I., Yekimov V. S., Trufakina L. M.** — Innovative technology application for the main pipeline corrosion and wear protection. 25

METROLOGY AND MEASUREMENT ASSURANCE

- Kosarevsky S. V.** — Relocation inspection method of the large-dimension part configuration on the coordinate measuring machine using Calypso software 27

TESTING AND DIAGNOSTICS METHODS IN ENGINEERING INDUSTRY

- Golovash A. N., Slinkin S. A., Delzhikov S. N., Shakhov V. G.** — Railcar wheel pair geometries estimation 30

INSTRUMENT-MAKING TECHNOLOGIES

- Chertov V. M.** — Bronze replaceability in instrument engineering 34

POWER ENGINEERING

- Khromchenko F. A.** — Welding practice of the heat-and-power engineering pipeline system elements repair. Part 2: Repair of the 2nd—4th class pipeline elements 36

PROCESSES AND PRODUCTION AUTOMATION AND CONTROL, CAD SYSTEMS

- Volkov D. V., Schookin M. V.** — Design documentation archives: from paper original documents to digital copies. 42

MATHEMATICAL MODELLING, CALCULUS OF APPROXIMATIONS AND SOFTWARE SYSTEMS

- Berbasova N. Yu., Kulikov V. P., Osnovsky V. A., Tarasenko S. I.** — Welded construction quality management on basis of system process modelling 48

STANDARDIZATION И PRODUCT QUALITY CONTROL

- Quality** control comprehensive system. Quality control of materials and semiproducts used at product manufacturing in aeronautical and space engineering, enginery and dual-purpose technology at the supplier enterprise: general requirements (GOST P 52745—2007) 55

- Glebov A. A.** — Technical approach to the harmonization of the Russian & API oil and gas machinery standards 61

LABOUR PROTECTION IN ENGINEERING INDUSTRY

- Doroshenko N. V.** — Metal scrap gas cutting bay ventilation 64

ENGINEERING INDUSTRY ECONOMICS, PRODUCTION ORGANIZATION

- Kurnosov N. Ye., Sherstobitova T. I., Tarnapolsky A. V.** — Commercialization problems of liquid atomization vortex-type means. 68

- Rafailov A. P., Proskuryakov V. A.** — Determination approaches to the design efficiency and developer's labour appraisal illustrated by an example of a research organization 71

- Volochiyenko V. A.** — Organization of efficient execution of plans on the basis of external-and-internal-induced problem situation recognition 75

- Siluyanov M. V.** — Gas turbine engines competitive ability improvement on the basis of life cycle manufacturing phase value analysis 80

EDUCATION AND PERSONNEL TRAINING

- Suminov V. M., Grebenyuk Ye. I.** — Organizational and methodical support of the high school graduate employment assistance at the "Instrumentation and control systems production engineering" department of the "MATI" — K. E. Tsiolkovsky RGTU 84

FOREIGN EXPERIENCE

- Potapova G. S.** — Contents of the foreign journals 86

INFORMATION

- Ivanov A. N.** — The 8th International exhibition "Plastics Industry Show — 2007" 89

- Dobrinsky Ye. S., Sein V. A.** — Special features of the national automotive industry development in 2007. 94
-

В. М. ЧЕРТОВ, инж.
Филиал ДонИФЦ

Волокнистые конструкционные материалы деталей оборудования для термической обработки

Волокнистые конструкционные материалы, расположенные между стальным кожухом термической печи и ее рабочей нагретой камерой и предназначенные для ее тепловой изоляции, имеют ряд преимуществ перед формованными теплоизоляционными огнеупорами. Анализ применения таких материалов в России обнаруживает их полную пригодность для изготовления термического оборудования.

Введение

В XX веке традиционно в качестве внутренней теплоизоляционной облицовки термических печей применяли футеровку из обожженных формованных огнеупоров. Тяжеловесные кирпичи из шамота легко пропускали тепло, что вызывало недопустимый для персонала нагрев наружной поверхности термических печей, вынуждая увеличивать толщину футеровки и массу самих печей. Но уже к концу столетия комбинированная футеровка не только из традиционных, но и шамотно-волоконных и легковесных огнеупоров, а также теплоизолирующие волокнистые маты находят все большее применение при изготовлении камерных термических печей с рабочей температурой от 700 до 1300 °C [1].

Современные теплоизолирующие материалы

К современным конструкционным теплоизолирующим материалам предъявляются гораздо более жесткие требования. Они должны быть легковесными для снижения общей массы печей и их себестоимости, обладать низкой теплопроводностью во всем диапазоне рабочих температур для снижения температуры наружной поверхности печи, а также низкой объемной теплоемкостью для уменьшения расхода энергии на их прогрев. Стойкость против теплового удара выгодно отличает волокнистые, особенно специально обработанные, материалы от традиционных формованных отожженных массивных материалов. Отсюда вытекает снижение толщины (и массы) футеровки при заданной невысокой безопасной для персонала температуре наружной поверхности и высокой температуре внутренней поверхности, обращенной к нагреваемым изделиям — важного показателя эффективности применения материала. По существу, меняется кон-

струкция самих нагревательных устройств — термических печей. При помощи волокнистых, легко деформируемых и подгоняемых по месту материалов достигается более плотная укладка огнеупорной изоляции, что позволяет практически исключить подсос холодного наружного воздуха в рабочее пространство и достичь гораздо меньшего перепада температур по объему печей.

К несомненным технологическим преимуществам волокнистых материалов в виде теплоизоляционных плит из базальтового и каолинового волокон, рулонных материалов из муллитокремнеземов, длинномерного и измельченного волокна, мягких прошитых одеял (матов), формованных изделий, модулей, фетра, нетканой бумаги и даже веревок относятся удобство монтажа, пригодность для ускоренного ремонта, низкая прочность, позволяющая легко, по месту менять их размеры, например резкой, и уплотнять зазоры [2, 3]. Основу их составляют корунд и кремнезем с добавкой для приобретения повышенных характеристик оксида циркония или хрома. Особенно выделяются эти материалы низкой кажущейся плотностью (от 60 до 350 кг/м³ в зависимости от состава и типа изделия); низкой теплопроводностью при 600 °C (0,11—0,20 Вт/м · К), низкими потерями при прокаливании (от 0,6 до 7,0 %). Они пригодны для эксплуатации при температуре от 1050 до 1500 °C.

Разработаны соответствующие изоляционные материалы (замазки, клеи, цементы, мастики, цементующие покрытия), которые имеют соответствующие свойства и применяются при монтаже электрических печей различного назначения. Для сравнения приведем аналогичные характеристики традиционных формованных шамотных легковесных огнеупоров [4]: кажущаяся плотность не более 1000 кг/м³, предел прочности на сжатие не менее 5 МПа, остаточное изменение размеров при 1150 °C не более 1 %, теплопроводность при 800 °C не более 0,5 Вт/м · К, максимальная температура применения 1300 °C. Из этих данных видно, насколько более массивны и теплопроводны огнеупоры, традиционно применяемые для футеровки термических печей.

Технология производства новых волокнистых материалов хорошо отработана (метод UNIFRAX): из расплавленного в электропечи исходного сырья пу-

тем раздува получают нужные волокна, которые соединяют при помощи неорганического алюмосиликатного или глинистого связующего с одновременной вакуумной подпрессовкой или прядут из них объемные изделия. Длинномерные волокна получают из струи расплава дутьем или вращением. Обычные области применения теплоизоляционных волокнистых материалов в электротермии — тепло- и электроизоляция, термокомпенсация, ремонт и реконструкция печей различного назначения, уплотнение швов, заполнение подов печей, гибкая изоляция труб, составная многослойная футеровка, высокотемпературные сальники и уплотнения термических и кузнечных печей, облицовка муфельей, желоба разливки расплавленного алюминия и других цветных металлов.

Особые свойства теплоизоляционных волокнистых материалов в сочетании с их удобным оптимальным сортаментом позволяют выполнять наружные слои теплоизоляции электрических термических печей самого различного назначения — от плавильных до сушильных — из волокнистых материалов, а внутренние — из высокоэффективных комбинированных типовых материалов [5].

В шахтных печах с рабочей температурой до 1000—1200 °С внутренняя футеровка выполняется из эффективного огнеупорного кирпича, а наружная изоляция — из волокнистых материалов. Этим обеспечивается быстрый разогрев, уменьшается количество теплоты, аккумулируемой футеровкой; экономия энергии по сравнению с традиционной футеровкой достигает 30—50 %.

В печах с выкатным подом при рабочей температуре до 1250 °С наружный слой выкладывается плитами на основе базальтового волокна. В камерных печах с защитной атмосферой и в печах для отжига в водороде кожух и дверца футеруются многослойной изоляцией. Отпускные печи и печи для искусственного старения закаленных изделий из алюминиевых сплавов изнутри футеруются волокнистыми материалами.

Сушильные камеры и отпускные печи, рассчитанные на температуру 350—500 °С, имеют вокруг рабочей камеры многослойную изоляцию из базальтового волокна, благодаря чему температура наружной поверхности не превышает 60 °С. Тигельные и отражательные печи для плавки алюминия и цветных металлов оснащаются многослойной изоляцией, огнеупорными кирпичами, стойкими к воздействию расплава, при этом применяются связующая смесь и обмазка, изготовленные на основе алюмохромофосфата. Таким образом, при преимущественном применении теплоизоляционных волокнистых материалов все-таки не удастся полностью исключить традиционные формованные огнеупоры и дополнительные материалы.

Из предприятий ближнего зарубежья, освоивших выпуск огнеупорных материалов на волокнистой основе, следует отметить НПО "Кераммаш" [6]. Многослойная эффективная теплоизоляция, изготовленная из волокнистых материалов, позволяет на термических печах серии "ТермоГаз" по сравнению с традиционными агрегатами, футерованными формованными огнеупорами, экономить до 30 % энергии и существенно снижать эксплуатационные расходы.

О применении волокнистых теплоизоляционных материалов в шахтных печах фирмы "ЭЛТЕРМА" (Польша), поставляемых в Россию, сообщается в работе [7]. Это керамические, вакуум-формованные волокна, поверхностно упрочненные волокнистые материалы, керамические витые шнуры. При модернизации ранее выпущенных моделей печей этой фирмы крепление новых нагревательных элементов осуществляется при помощи кирпича из волокнистого материала. Такие же материалы применяются для изоляции газоплотного кожуха нагревательной камеры автоматической линии для термической обработки деталей из алюминиевых сплавов (номинальная температура 550 °С, распределение температуры в камере ± 3 °С).

Заключение

Расширяющееся применение теплоизоляционных волокнистых материалов при изготовлении термических печей основано на ряде их чрезвычайно высоких характеристик, в том числе высокой термостойкости, стойкости против термоударов, малой плотности, теплопроводности и теплоемкости. Материалы экологически чистые, не содержат летучих химических веществ и асбеста. Их применение улучшает условия ручного труда при сборке, обслуживании и ремонте термического оборудования, снижает трудоемкость монтажа футеровки в 2—3 раза, сокращает размеры печей и расход электроэнергии на термическую обработку изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов // Сб. докл. 3-й междунар. конф. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. Т. 1 С. 6—12.
2. Шабурова Т. А. Изоляционные материалы, выпускаемые ООО "НПФ"Изомат". www.izomat.ru/publications/9/.
3. Промышленная теплоизоляция из керамоволокна // Производство волокнистой огнеупорной теплоизоляции. Солнечногорск: НПФ "Изомат", 2007. 20 с.
4. Изделия Богдановичского ЗАО "Огнеупоры". www.ogneupory.ru/95.
5. Оборудование для термообработки // Современные направления в термообработке, новейшие технологии и оборудование. Солнечногорск: НПФ "Накал", 2007. 68 с.
6. Керамические материалы производства Славянского завода. www.keramash.donbass.com.
7. Ляпунов А. И. Оборудование термических цехов. М.: Монолит, 2002. С. 104—107, 185, 202.

Д. В. РУЦКИЙ, канд. техн. наук, С. И. ЖУЛЬБЕВ, д-р техн. наук
(ВолгГТУ),
К. Ю. БОД, канд. техн. наук
(Волгоградский филиал ОАО "НИИЭС")

Применение сдвоенных ступенчатых слитков для производства поковок

Производство металлоемких изделий для энергетической, судостроительной, машиностроительной отраслей связано с получением поковок из крупных стальных слитков. Наиболее часто используемые при этом кузнечные слитки имеют значительную по объему (18—25 %) прибыльную часть и отличаются отношением высоты тела к среднему диаметру и конусностью граней. Машиностроительные предприятия, имеющие соответствующий парк литейной оснастки, позволяющей получать слитки развесом от 1 до 200 т и выше, производят поковки самой широкой номенклатуры: ступенчатые валы и валы с буртами, толстостенные трубы, обечайки, кольца, плиты и т. д. Однако при использовании известных укороченных, нормальных и удлиненных прибыльных слитков не учитывается геометрическая форма некоторых поковок. Для получения конкретного изделия слиток выбирают из отливаемых на предприятии с учетом только его массы. Повысить эффективность производства возможно путем оптимизации параметров слитка применительно к конкретной поковке с учетом не только ее массы, но и формы. Внедрение в производство слитков различной геометрии снижает отходы и трудоемкостьковки за счет приближения формы слитка к форме изделия.

В машиностроении требуются крупногабаритные детали — валы, водила, поршни, дорны, оправки, корпусные детали и др., имеющие различный диаметр на противоположных торцах. Различие достигает 1,5—2,0 раза. При изготовлении данных деталей из традиционного слитка последний под-

бирают исходя из возможности обеспечения требуемой величины (более 3) уклона в наибольшем сечении заготовки. Тогда ее тонкий конец отковывается с повышенным уклоном (свыше 1), что повышает трудоемкость изготовления изделия и снижает служебные свойства металла в поперечном направлении [1]. Для производства деталей с переменным по длине сечением освоены ступенчатые слитки (рис. 1), отливаемые в составные из двух полуформ изложницы с разным сечением внутренней полости.

Строение удлиненного ступенчатого прибыльного слитка с меньшей нижней частью изучали на травленном продольном темплете.

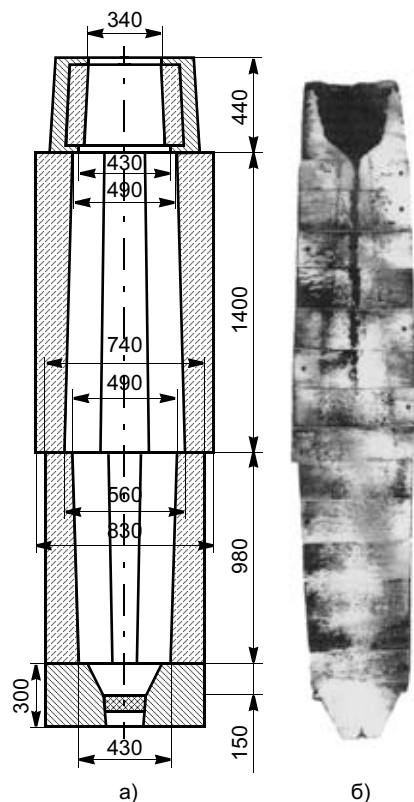


Рис. 1. Изложница (а) и макроструктура сдвоенного ступенчатого слитка (б)

Выявили шесть основных структурных зон (рис. 2, табл. 1): корковую 1; столбчатых кристаллов 2; равноосных кристаллов 4; конус из кристаллов 3; осевую 5; усадочную раковину 6.

Корковая зона, состоящая из мелких неориентированных кристаллов, имеет по высоте неодинаковую толщину. Эта неравномерность обусловлена колебаниями уровня металла в процессе отливки слитка.

За корковой зоной расположена зона столбчатых кристаллов, ее ширина изменяется по высоте. В слитке с меньшей нижней частью ширина этой зоны больше в верхней половине слитка.

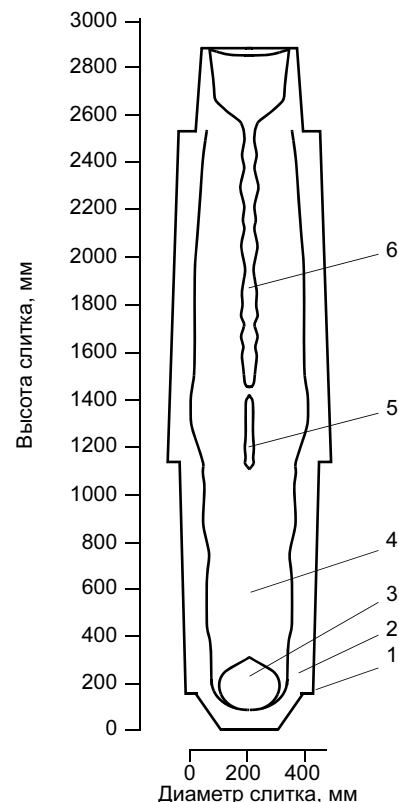


Рис. 2. Схема расположения структурных зон в сдвоенном ступенчатом слитке

Таблица 1

Параметр слитка с меньшей нижней частью	Значение
Толщина корковой зоны, мм	3
Ширина зоны столбчатых кристаллов, мм:	
в нижней части	90
в верхней части	110
Протяженность открытой усадочной раковины, мм/%	1078/43,1
Протяженность осевых дефектов (включая усадочную раковину в теле), мм/%	1150/46
Максимальный диаметр осевых дефектов, мм/%	51/10
Максимальный диаметр усадочной раковины в теле слитка, мм/%	37/7,3
Расстояние от прибыли до максимального диаметра усадочной раковины в теле слитка, мм	255
Высота конуса из кристаллов в теле слитка, мм/%	216/8,64

Зона равноосных кристаллов расположена между зоной столбчатых кристаллов и осевой зоной. В верхней, более широкой части слитка, имеются шнуры внеосевой ликвации и более крупное кристаллическое строение.

В нижней части слитка расположен конус из кристаллов с мелкокристаллической структурой различно ориентированных кристаллов.

Меньшая (в 3 раза) высота конуса осаждения в удлиненных слитках по сравнению с традиционными нормальными объясняется тем, что часть оседающих кристаллов захватывается развитым боковым затвердевающим фронтом и не достигает донной части слитка [2]. Небольшой по высоте и объему конус осаждения при ковке почти полностью удаляется в отходы, что значительно уменьшает остаточную отрицательную ликвацию в поковке и изделии.

Основные дефекты слитка выявлены в осевой зоне. V-образные трещины располагаются на длине 1073 мм, совпадая с усадочной раковинкой и ниже ее на 308 мм. Дефекты сосредоточены в узкой осевой зоне с максимальным диаметром 51 мм (10 % диаметра слитка).

Математическое моделирование затвердевания слитка проводили с использованием программы "Крисли".

Определение расположения дефектных зон в слитке и факторов, влияющих на их возникновение и развитие, позволяет управлять процессом кристаллизации, уменьшать негативное влияние вредных факторов, снижать вероятность брака по осевой рыхлости, увеличивать выход годного. Рассчитали минимальный объем верхней части слитка, он равен 10 % его общей массы. В этом случае нижняя часть слитка плотная, без осевых дефектов.

Влияние величины укова на заков осевой несплошности исследовали на четырех ступенчатых поковках, которые откованы из верхней (дефектной) половины слитка. Нижнюю донную часть, не имеющую осевых несплошностей, использовали дляковки штатных, в том числе сплошных, поковок. Из верхней части каждого слитка отковали ступенчатую поковку с таким расчетом, чтобы в каждом сечении I—IV (рис. 3) были одни и те же величины уков: 2,5, 4,0, 6,0 и 9,5.

Определяли влияние величины укова на закрытие и заварку осевой усадочной раковины в сдвоенных ступенчатых слитках при ков-

ке. По результатам исследования разорванной вдоль оси верхней половины слитка устанавливали начальные размеры усадочных дефектов (рис. 4). Усадочная раковина проникала в тело слитка приблизительно до половины его высоты и ее относительные поперечные размеры на большем протяжении не превышали 10 % диаметра слитка (см. рис. 4).

Результаты исследования макроструктуры дисков, вырезанных из ступенчатых поковок, а также их излома показали, что при всех степенях укова в рассматриваемых сечениях остались следы дефектов усадочного происхождения, что свидетельствует о недостаточной проработке металла центральной зоны.

Усадочная раковина, расположенная в теле слитка со стороны прибыльной части, сообщалась с атмосферой и в процессековки полностью не заковывалась при укове до 5,6.

Дополнительно исследовали механические свойства поковки, которая была порезана по схеме, приведенной на рис. 5.

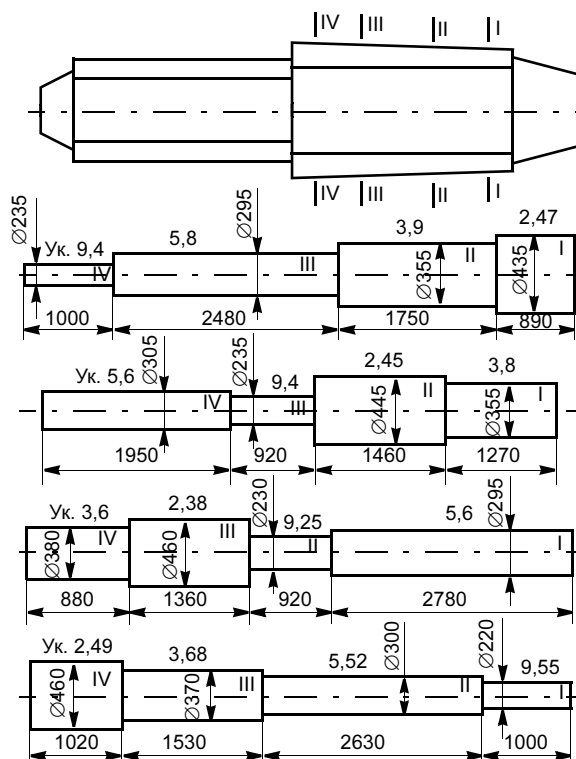
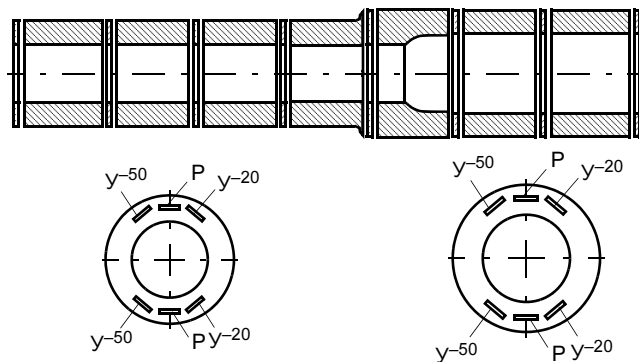
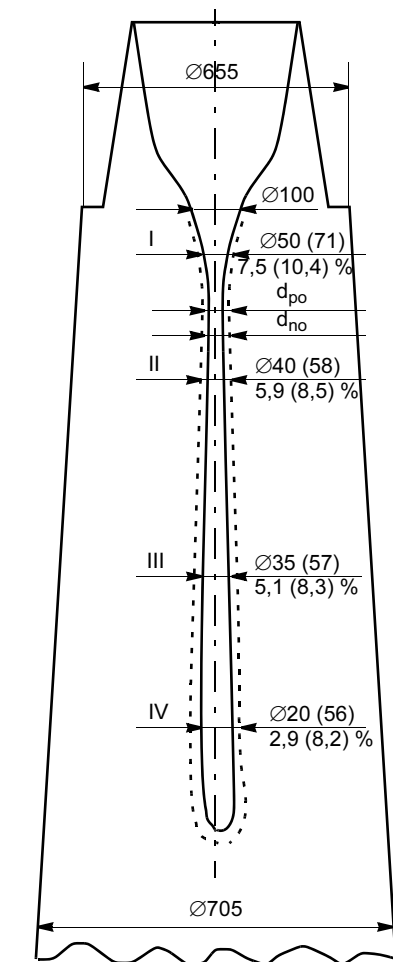


Рис. 3. Опытные ступенчатые поковки (I—IV — сечение слитка и полученное из него сечение поковки)

Таблица 2

Показатель	Сдвоенный прибыльный слиток		Сдвоенный прибыльный ступенчатый слиток		Изменение разброса механических свойств, раз
	Разница между максимальным и минимальным значениями	Коэффициент равномерности механических свойств W , %	Разница между максимальным и минимальным значениями	Коэффициент равномерности механических свойств W , %	
Предел пропорциональности $\sigma_{пц}$, МПа	190	18,3	24,6	2,4	6,9
Предел текучести σ_T , МПа	150	13,1	67	6,0	2,2
Предел прочности σ_B , МПа	255	20,3	68	5,6	3,7
Относительное удлинение δ , %	3	25,3	2	15,5	1,5
Относительное сужение ψ , %	16	44,5	11	29,4	1,4
Ударная вязкость при 20 °С KCV^{20} , кДж/м ²	160	38,7	137	31,1	1,2
Ударная вязкость при -50 °С KCV^{-50} , кДж/м ²	140	51,2	117,6	33,7	1,2


 Рис. 5. Схема вырезки дисков для исследования свойств металла поковки из экспериментального слитка (y^{20} , y^{-50} — образцы, исследуемые на удар при 20 и -50 °С соответственно; P — образцы, испытываемые на разрыв)

 Рис. 4. Размеры дефектной области в рассматриваемых сечениях слитка (d_p , d_n — диаметры зоны рыхлости и полости раковины, мм, соответственно)

Сравнивали механические свойства поковки, изготовленной из сдвоенного ступенчатого слитка с меньшей нижней частью, и изделия, изготовленного из сдвоенного прибыльного слитка с постоянным сечением (табл. 2) [3]. При этом величина укова по длине из опытного слитка (с переменным наружным сечением) была постоянной и равна 3, а в слитке с постоянным сечением изменялась от 2,38 до 9,40 (см. рис. 3).

Равномерность распределения механических свойств по длине поковок оценивали по формуле

$$W = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\text{ср}}} 100 \%, \quad (1)$$

где W — коэффициент равномерности механических свойств, %;

$M_{\max}$, $M_{\min}$, $M_{\text{ср}}$ — максимальное, минимальное и среднее значения данной механической характеристики.

Результаты анализа данных (табл. 2) показали, что коэффициент равномерности механических свойств ступенчатого слитка превышает этот же показатель простого сдвоенного на 20 %, а в некоторых случаях в 3—6 раз и более.

ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования удлиненного ступенчатого прибыльного слитка с большим сечением верхней части тела слитка выявили, что ее усадочная раковина проникает до середины высоты, локализуясь в верхней, более широкой части, где ее диаметр не пре-

вышает 10 % соответствующего диаметра тела.

2. Слиток или только его верхняя часть пригоден дляковки длинномерных полых поковок переменного сечения, а его нижняя (узкая) часть — для получения сплошных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камнев П. В. Совершенствованиековки крупных поковок. Л.: Машиностроение, 1975. 344 с.
2. Сергеев В. И. Разработка кузнечногослитка новой конфигурации для полых длинномерных изделий ответственного назначения: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1978. 161 с.
3. Повышение качества и эффективности производства крупногабаритных полых изделий / Д. В. Рудкий, С. И. Жульев, А. В. Мозговой и др. // Технология машиностроения. 2007. № 10. С. 8—11.

М. А. ФЕДОРЕНКО, канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

Ротационная обработка крупногабаритных поверхностей вращения

В процессе изготовления и эксплуатации цапф валов из-за нарушений в технологических процессах изготовления формируются определенные наследственные дефекты, которые при эксплуатации вызывают повышенный износ цапф. В процессе износа поверхности скольжения цапфа теряет цилиндрическую форму и приобретает форму, близкую к гиперболоиду или катеноиду.

Наиболее ярко проявляется износ цапф помольных и сырьевых мельниц в связи с тем, что мельницы в рабочем состоянии имеют массу до 36 т и эксплуатируются в непрерывном режиме работы. Перемещение помольных шаров и обрабатываемого сырья при вращении мельницы и падение их с высоты, равной $2/3$ диаметра мельницы, вызывает ее смещение на подшипниках скольжения и смещение вектора нагрузки.

Факторы, приводящие к искажению поверхности катания мельниц, можно разделить на три основные группы. К первой группе относятся наследственные факторы, т. е. обусловленные технологией обработки рабочих поверхностей. При нарушении технологических процессов обработки возникают повреждения поверхностного слоя металла в виде деформации структурных решеток, прижогов, шаржирования, когда частицы абразивного инструмента внедряются в обрабатываемую поверхность. Немаловажны и такие факторы, как погрешность формы и точность сопряжения.

В процессе исследований установлено, что длительность приработочного периода цапфы с подшипником составляет от 100 до 500 ч работы мельницы. Именно в этот период складываются оптимальные условия работы сопряжения цапфа — подшипник.

К второй группе относятся конструктивные факторы. Они зависят от правильного подбора пары материалов цапфа — подшипник. Многолетний опыт эксплуатации установил, что лучшее сочетание — сталь 35Л (ГОСТ 977—75) и баббит Б-16, Б-63, Б-84 (ГОСТ 1320—74). Оно оптимально для таких оборотов и нагрузок. Значительную роль при длительной работе такой пары играет смазка.

Третья группа — эксплуатационные факторы, включающие предэксплуатационную подготовку сопряжения, периодическое диагностико-профилакти-

ческое обслуживание путем устранения отдельных дефектов на контактных сопряжениях и ремонтное обслуживание. Одним из способов восстановления работоспособности агрегата является его демонтаж и отправка на предприятие, имеющее станки для обработки крупногабаритных валов. Второй способ — ремонтная обработка валов без демонтажа на месте эксплуатации при помощи приставных станочных модулей. Установлено, что заданный параметр шероховатости, а также наклеп восстанавливаемой детали можно получить, применяя для обработки чашечные резцы. При обработке чашечными резцами действительная площадь среза, которая получается при пересечении конуса режущей чашки и цилиндра детали зависит от углов установки, заточки, диаметра конуса чашки и режимов резания¹. С увеличением подачи и глубины резания пропорционально увеличивается площадь среза. При увеличении диаметра режущей чашки площадь среза уменьшается, с увеличением переднего угла заточки — увеличивается. Углы установки влияют на площадь среза незначительно.

Точность рабочих поверхностей крупногабаритных деталей (опорные поверхности валов), определяемая требованиями эксплуатации, при обработке традиционным режущим инструментом не достигается ввиду того, что период стойкости инструмента не обеспечивает завершения одного полного рабочего хода.

Для получения требуемого параметра шероховатости обработанной поверхности, геометрических размеров, увеличения производительности труда, получения наклепа обработанной поверхности, при восстановительной обработке крупногабаритных тел вращения применяют чашечные резцы, которые были установлены на приставном станочном модуле.

Для определения углов установки, заточки, диаметра режущей чашки, режимов резания и производительности была проанализирована действительная площадь среза, которая образуется при пересечении конуса режущей чашки 1 и поверхности детали 2, имеющей форму катеноида (рис. 1) (φ —

¹ Ротационное резание материалов / П. И. Ящерицын, А. В. Борисенко, И. Г. Дривотин, В. Я. Лебедев. Минск.: Наука и техника. 228 с.

угол между осью конуса и осью OY — угол поворота оси режущей чашки в горизонтальной плоскости; t — глубина резания; r — радиус конуса; c — высота конуса чашечного резца; h — расстояние от точки касания с конусом до оси OY ; R_1 — расстояние между центром конуса и нормальным сечением катеноида; H — расстояние от центра конуса до оси OY ; R_b — максимальный радиус обрабатываемого катеноида; R — радиус нормального сечения катеноида, равный $mch \frac{(x-l/2)}{d}$; t — глубина резания; γ — угол

между высотой и образующей конуса; ω — угол между осью OY и радиусом нормального сечения катеноида, приведенного в точку касания с конусом, — угол установки режущей чашки в вертикальной плоскости).

В общем случае уравнение конуса имеет вид

$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} + \frac{(z-z_0)^2}{c^2} = 0,$$

где x — параметр катеноида, а в координатах $X'OY'$:

$$\frac{(x'-r)^2}{r^2} + \frac{(z'+H)^2}{r^2} - \frac{(y'-R'-c)^2}{c^2} = 0.$$

После преобразования данное уравнение принимает вид

$$\begin{aligned} & \frac{\left[x - r \cos \varphi - \left(mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega - t \right) \operatorname{tg} \varphi - r \operatorname{ctg} \gamma \cos \varphi \right]^2}{r^2} + \\ & + \frac{\left[z + mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \sin \omega + r \cos \arctg \operatorname{tg} \omega / \sin \varphi \right]^2}{r^2} - \\ & - \frac{\left[y + r \sin \varphi - mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega + t - r \operatorname{ctg} \gamma \cos \varphi \right]^2}{c^2} = 0. \quad (1) \end{aligned}$$

Уравнение обрабатываемой поверхности детали:

$$y^2 + z^2 = m^2 ch^2 \left(\frac{x-l/2}{d} \right). \quad (2)$$

Система уравнений конуса (1) и катеноида (2) определяет уравнение кривой пересечения этих тел.

Из этих выражений получаем

$$y = \pm \sqrt{m^2 ch^2 \left(\frac{x-l/2}{d} \right) - z^2}. \quad (3)$$

Для случая, когда катеноид вращается, вместо уравнения (3) необходимо подставить уравнение

$$y = \pm \sqrt{\frac{m^2 ch^2 \left(\frac{x-l/2}{d} \right) - (y \sin \alpha + z \cos \alpha - \delta(\alpha))^2 - z \sin \alpha}{\cos \alpha}}. \quad (4)$$

При $z = 0$ кривая S проецируется на плоскость XOY в кривую K (рис. 2):

$$\begin{aligned} & \frac{\left[x - r \cos \varphi - \left(mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega - t \right) \operatorname{tg} \varphi - r \operatorname{ctg} \gamma \cos \varphi \right]^2}{r^2} + \\ & + \frac{\left[mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \sin \omega + r \cos \arctg \left(\operatorname{tg} \varphi / \sin \varphi \right) \right]^2}{r^2} - \\ & - \frac{\left[mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) + r \sin \varphi - mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega + t - r \operatorname{ctg} \gamma \cos \varphi \right]^2}{c^2} = 0. \quad (5) \end{aligned}$$

Для определения площади среза (см. рис. 2) используем выражение

$$z = \left\{ r^2 [y + r \sin \varphi - R \cos \omega + t - r \operatorname{ctg} \gamma \cos \varphi]^2 - c^2 [x - r \cos \varphi - (R \cos \omega - t) \operatorname{tg} \varphi - r \operatorname{ctg} \gamma \sin \varphi]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} c^{-1} - H. \quad (6)$$

Определив $\frac{\partial z}{\partial x}$, $\frac{\partial z}{\partial y}$ расчетным путем, при $x = x_0$ вычислим площадь среза:

$$P = \int_{R_1 = mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega - 1}^{R_b = mch \left(\frac{x-l/2}{d} \right) \cos \omega} dy \int_0^x \sqrt{1 + \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2} dx. \quad (7)$$

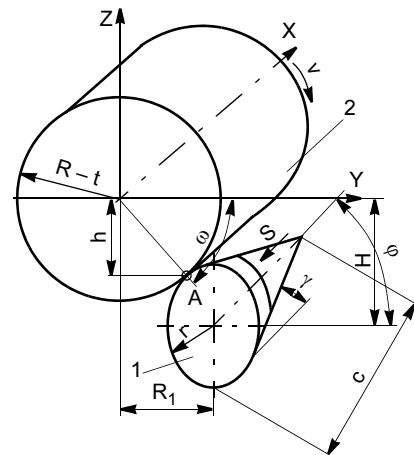


Рис. 1. Расположение режущей чашки относительно обрабатываемой цапфы

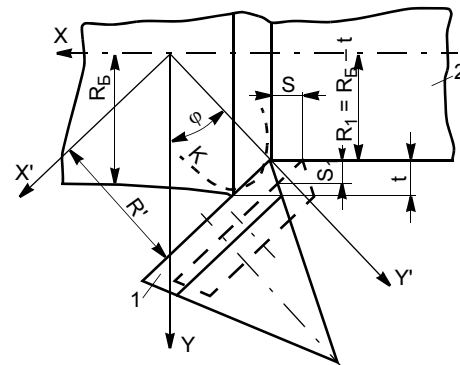


Рис. 2. Схема площади среза при резании

Итак, полученное уравнение с границами интегрирования $R_1 = mch\left(\frac{x-l/2}{d}\right)\cos\omega - t$, $R_B = mch\left(\frac{x-l/2}{d}\right)\cos\omega$ позволяет рассчитать площадь срезаемого металла при обработке катеноида, что позволяет определить углы установки и геометрические параметры резца.

В результате проведенных исследований на ЭВМ по выявлению основных факторов, влияющих на величину площади среза, была получена зависимость

ее величины от угла поворота φ оси режущей чашки в горизонтальной плоскости, угла установки ω режущей чашки в вертикальной плоскости, диаметра d режущей чашки и переднего угла резца γ .

Анализ полученных данных показал, что величина площади среза зависит от многих факторов. Основное влияние оказывают величины углов γ и φ , а также радиуса R режущей чашки резца. Установлено, что если в силу технологических требований необходимо увеличить угол поворота φ , то для устойчивости работы резца при резании одновременно надо увеличить и угол ω .

А. Н. ТЮРИН, канд. техн. наук

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана

Баланс энергии взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании

В процессе суперфиниширования абразивные зерна воздействуют на обрабатываемую поверхность, в результате чего с поверхности заготовки удаляется определенный слой металла [1, 2]. Этот процесс сдерживается засаливанием рабочей поверхности инструмента, так как часть энергии, затрачиваемой на суперфиниширование, расходуется на трение стружки об обрабатываемую поверхность. С другой стороны, под действием усилий резания абразивные зерна инструмента выпадают из связки, в результате он изнашивается, а его рабочая поверхность очищается от стружки и шлама. Часть энергии затрачивается на пластическую деформацию металла заготовки, но эта доля невелика, так как при работе инструмента в режиме самозатачивания размерный износ самих абразивных зерен практически отсутствует и их режущие кромки сохраняются острыми.

На рис. 1 приведен баланс энергии взаимодействия инструмента и заготовки при суперфиниширо-

вании. Видно, что энергия, затрачиваемая на процесс суперфиниширования, расходуется на поверхности взаимодействия инструмента и заготовки. Одна часть этой энергии идет на осуществление массового микрорезания абразивными зернами поверхности заготовки, другая — на осуществление трения срезанной в процессе микрорезания стружки и шлама с обрабатываемой поверхностью. В свою очередь энергия массового микрорезания складывается из энергии образования срезов и энергии пластической деформации абразивных зерен поверхности заготовки. Условно можно считать, что полезной энергией резания является только энергия образования микросрезов, так как только данная часть затраченной энергии приводит к удалению припуска с обрабатываемой поверхности. Это было бы так, если бы единственной задачей процесса суперфиниширования являлось удаление дефектного слоя, возникающего на предварительных операциях шлифования заготовки. Поскольку не менее важной задачей является значительное снижение шероховатости поверхности заготовки, то энергию трения стружки и шлама о поверхность заготовки также можно отнести к полезной. Известно, что без обеспечения существенного засаливания рабочей поверхности инструмента при суперфинишировании невозможно получить низкий уровень шероховатости обработанной поверхности.

В этом состоит одно из противоречий процесса суперфиниширования — чем меньше засаливание абразивного инструмента и, следовательно, меньше трение между поверхностями заготовки и инструмента, тем интенсивнее идет съем припуска и выше шероховатость обработанной поверхности, и наоборот, чем больше засаливание инструмента, тем

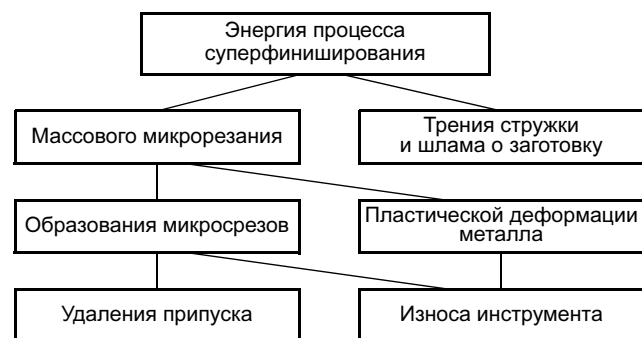


Рис. 1. Баланс энергии взаимодействия инструмента и заготовки при суперфинишировании

меньше сьем, но ниже микронеровности поверхности заготовки. На практике это противоречие разрешается следующим образом: на первой стадии процесса обработки обеспечиваются условия для наиболее интенсивного удаления припуска, а на второй — для засаливания инструмента и снижения шероховатости обработанной поверхности.

Процесс массового микрорезания при суперфинишировании приводит к изменению состояния поверхности заготовки и рабочей поверхности абразивного инструмента. Энергия массового образования микросрезов — это энергия удаления припуска с поверхности заготовки

$$U_t = U_{mm},$$

где U_{mm} — энергия образования микросрезов, Дж.

Поскольку под действием сил резания происходит деформация мостиков связки инструмента, то энергия массового образования микросрезов и энергия пластической деформации поверхности заготовки равна энергии деформации абразивных зерен в связке инструмента:

$$U_{ib} = U_{mm} + U_{pd},$$

где U_{pd} — энергия, затрачиваемая абразивными зернами на пластическую деформацию поверхности заготовки, Дж.

Таким образом, энергия удаления припуска с поверхности заготовки и энергия деформации абразивных зерен в связке рабочей поверхности абразивного инструмента различаются между собой только на величину энергии, затрачиваемой на пластическую деформацию обрабатываемого материала. Следовательно, они связаны между собой зависимостью

$$U_t = K_{\text{и}} U_{ib}, \quad (1)$$

где $K_{\text{и}}$ — коэффициент пропорциональности, учитывающий пластическое оттеснение металла по краям царапин от абразивных зерен.

С помощью выражения (1) можно определить основные параметры процесса суперфиниширования с учетом фактических условий его осуществления.

При моделировании процесса суперфиниширования важно найти общую энергию срезков, которую затрачивают абразивные зерна за один ход инструмента, и связать ее с основными показателями процесса — сьемом металла и шероховатостью получаемой поверхности. Решим эту задачу сначала в общем виде, а затем найдем частные решения.

Определим энергию деформации абразивных зерен в связке рабочей поверхности абразивного инструмента в процессе суперфиниширования. Критическая энергия деформации абразивного зерна U_{sk} , при которой связка разрушается, зависит от расстояния вершины зерна от уровня связки и определяется коэффициентом разновысотности абразивных зерен k_{sk} (рис. 2). Приравнявая эту энергию

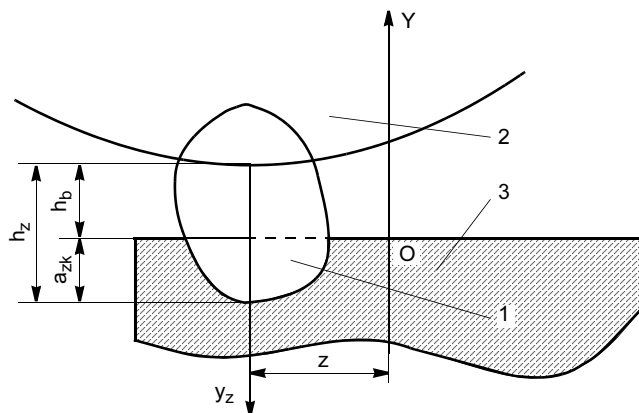


Рис. 2. К расчету баланса энергии резания и энергии критической деформации зерна

энергии резания абразивного зерна, находим критическую глубину резания.

Вершина абразивного зерна 1 находится на расстоянии h_z от уровня связки абразивного инструмента 2 и врезается в обрабатываемую поверхность 3 на глубину a_{zk} . Абсцисса вершины зерна относительно плоскости симметрии обрабатываемой поверхности заготовки 3 равна z . Расстояние от уровня связки до обрабатываемой поверхности составляет h_b .

Приравнявая правые части равенства, определяющего критическую силу удержания зерна связкой, и равенства, определяющего силу резания единственным зерном, получим

$$\sigma_{sr} d_0^2 k_{st} k_{sp} = 34 \tau_s a^2 (1 + 1,5f(1 + \xi)), \quad (2)$$

где σ_{sr} — предел прочности связки на растяжение; d_0 — средний размер абразивных зерен; k_{st} — коэффициент, зависящий от структуры и твердости инструмента; k_{sp} — коэффициент критической силы, соответствующий наибольшему напряжению в связке и зависящий от величины выступления вершины зерна от среднего уровня связки; τ_s — напряжение сдвига зерна относительно связки; a — глубина резания; f — коэффициент трения-скольжения зерна на обрабатываемой поверхности; ξ — усадка стружки.

Для получения минимального значения критической глубины резания в равенстве (2) следует использовать наименьшее значение k_{sp} , равное 0,081. Тогда

$$a_k = 0,17 d_0 \sqrt{\frac{\sigma_{sr} k_{st} k_{sk}}{\tau_s (1 + 1,5f(1 + \xi))}}. \quad (3)$$

Как видно из выражения (3), данная зависимость далеко не так просто определяет критическую глубину резания, как ранее предлагаемые зависимости. Она показывает, что критическая глубина резания, при которой зерна выпадают из связки, зависит и от свойств абразивного инструмента: зернистости, прочности связки, структуры и твердости инструмента,

расстояния зерна от уровня связки, а также параметров срезов и условий обработки (напряжения среза и усадки стружки).

Найдем элементарное значение критической энергии деформации зерен, находящихся в слое dh на элементарной площадке рабочей поверхности инструмента. Так как число зерен, находящихся над связкой инструмента на поверхности инструмента HV , равно $z_0 BH$, а вероятность того, что эти зерна окажутся в элементарном слое инструмента dh , равна $f(h)dh$, элементарная энергия деформации этих зерен в связке инструмента

$$dU_s = \frac{\sigma_{sr}^2 d_0^3}{E_s} z_0 k_{sk} B f(h) k_{st} dh dl, \quad (4)$$

где B , H — высота и амплитуда перемещения бруска; z_0 — число выступающих над связкой зерен на единице рабочей поверхности абразивного инструмента, $1/\text{мм}^2$; E_s — модуль упругости связки; $f(h)$ — плотность вероятностей распределения абразивных зерен над связкой инструмента, $1/\text{мм}$; k_{sk} — коэффициент разновысотности абразивных зерен; h — расстояние вершины зерна до среднего уровня связки инструмента, мм.

Интегрируя равенство (4) по переменной h , определим суммарную критическую энергию деформации всех абразивных зерен, находящихся на элементарной рабочей поверхности инструмента Bdz (dz — элементарная ширина полоски контакта рабочей поверхности инструмента с обрабатываемой поверхностью) под углом $\gamma_z = 2z\gamma_{bm}/L$ (γ_{bm} — текущий угол поворота плоскости симметрии абразивного бруска относительно обрабатываемой поверхности; L — длина обрабатываемой поверхности) к плоскости симметрии инструмента выше уровня $h_m \leq a_{zm} - a_k$, на котором связка разрушается:

$$U_{sz} = \frac{\sigma_{sr}^2 d_0^3}{E_s} z_0 B k_{st} dz \int_0^{a_{zm} - a_k} f(h) k_{sk} dh, \quad (5)$$

где a_{zm} — максимальная кинематическая глубина внедрения зерна в обрабатываемую поверхность, определяемая кинематикой процесса, мм.

Подставив в равенство (5) значение коэффициента J_z , получим

$$U_{sz} = \frac{1,32 \sigma_{sr}^2}{E_s d_0} B k_{st} dz \int_0^{a_{zm} - a_k} h \left(0,28 + 1,3 \left(\frac{h}{d_0^2} \right)^2 \right) dh =$$

$$= \frac{0,185 \sigma_{sr}^2}{E_s d_0} 3 \sqrt[3]{v_z^2} B k_{st} dz (a_{zm} - a_k)^2 \left(1 + 2,32 \frac{(a_{zm} - a_k)^2}{d_0^2} \right), \quad (6)$$

где v_z — суммарная скорость перемещения единичного зерна относительно обрабатываемой поверхности.

Полная критическая энергия деформации всех абразивных зерен, участвующих в резании и делающих неполные срезы, за один ход инструмента определяется интегрированием вдоль оси заготовки по переменной z :

$$U_s = \frac{0,185 \sigma_{sr}^2}{E_s d_0} 3 \sqrt[3]{v_z^2} B k_{st} L (a_{zm} - a_k)^2 \left(1 + 2,32 \frac{(a_{zm} - a_k)^2}{d_0^2} \right).$$

Пренебрегая в этом равенстве вторым слагаемым, получим

$$U_s = \frac{0,185 \sigma_{sr}^2}{E_s d_0} 3 \sqrt[3]{v_z^2} B k_{st} L (a_{zm} - a_k)^2. \quad (7)$$

Остальные зерна, участвующие в резании, будут делать полные срезы. По аналогии с выражением (6) определим часть энергии резания, которую затратят абразивные зерна за один ход инструмента,

$$U_{tp} = z_0 B \int_{-0,5L}^{0,5L} \int_{a_{zm} - a_k}^{a_{zm}} A_{zp} f(h) dz dh =$$

$$= \frac{34 \tau_s (1 + 1,5 f(1 + \xi))}{2 \pi n_b} z_0 B \sqrt{v_d^2 + v_{b0}^2} \times$$

$$\times \int_{-0,5L}^{0,5L} J_{zp}(z) dz \int_{a_{zm} - a_k}^{a_{zm}} (a_{zm} - h)^2 f(h) dh, \quad (8)$$

где A_{zp} — энергия полного среза, затраченная единичным зерном, внедряющимся в обрабатываемую поверхность на максимальную глубину $a_z = a_{zm} - h$; n_b — частота колебаний бруска; v_d , v_{b0} — окружная скорость вращения заготовки и скорость перемещения бруска в центре профиля обрабатываемой поверхности; J_{zp} — коэффициент.

Подобно равенству (7) приведем подынтегральное выражение последнего равенства к безразмерному виду:

$$U_{tp} = \frac{17 \tau_s (1 + 1,5 f(1 + \xi))}{2 \pi n_b} z_0 B \sqrt{v_d^2 + v_{b0}^2} L J_{up}, \quad (9)$$

где

$$J_{up} = \int_{-1}^1 J_{zp} \left(\frac{2z}{L} \right) dz \int_{a_{zm} - a_k}^{a_{zm}} (a_{zm} - h)^2 f(h) dh.$$

Суммируя выражения (7) и (9), найдем полную энергию срезов, сделанных абразивными зернами за один ход инструмента.

ВЫВОД

Предложенные зависимости энергии резания абразивным инструментом от условий обработки особенно остро проявляются в условиях, когда поры рабочей поверхности абразивного инструмента

заполняются стружкой, срезаемой в процессе обработки. В этих условиях многие факторы, с одной стороны, приводят к увеличению энергии резания, с другой, — к ее уменьшению и результирующее значение энергии резания зависит от совокупного действия всех факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. Саратов: Саратовский ГТУ, 1975. С. 192.
2. Королев А. А. Современная технология формообразующего суперфиниширования поверхностей деталей вращения сложного профиля. Саратов: Саратовский ГТУ, 2001. 156 с.

Д. Л. БЕКАСОВ, инж., В. Н. ВОРОНОВ, д-р техн. наук
Московский государственный открытый университет

Экспериментальные исследования процесса фрезоточения некруглых профилей

В работах [1, 2] изложены методика и результаты теоретических исследований процесса фрезоточения некруглых профилей. Цель данной работы — описание методики и результатов экспериментальных исследований процесса фрезоточения некруглых профилей с точки зрения производительности, точности обработки и шероховатости обработанной поверхности.

Для проведения экспериментальных исследований выбраны схемы фрезоточения трех- и шестигранных криволинейных контуров как наиболее применяемых в технике.

На рис. 1 приведена схема фрезоточения трехгранного профиля.

По принятой классификации [3] эта схема имеет код 1.1K + 1. Это означает, что деталь и фреза имеют внешнее касание, вращаются

в одну сторону с одинаковой частотой $K = \omega_d/\omega_\phi = 1$.

На рис. 2 приведена схема фрезоточения шестигранника. Код схемы 1.1K + 1/2. Это означает, что деталь и фреза имеют внешнее касание, вращаются в одну сторону с соотношением частот $K = \omega_d/\omega_\phi = 1/2$.

В табл. 1 приведены основные расчетные значения геометрических параметров профилей (мм), обработанных по этим схемам. Расчеты проводили по методике, изложенной в работе [1]. Оборудование — модернизированный резбозерный станок 5K63, в котором была отключена кинематическая связь "подача на шаг" и создана (через карданный вал) новая кинематическая связь синхронного вращения детали и фрезы с определенным соотношением частот (за счет сменных шестерен). Продольную подачу осу-

ществляли с помощью кулачка продольного хода фрезерной головки. Скорость продольной подачи регулировали за счет сменных шестерен.

Образцы изготовлены из конструкционной стали 45. Обработку проводили в центрах с использованием поводкового патрона. На рис. 3 приведен эскиз образца.

Инструмент — специальная концевая фреза. Эскиз рабочей части фрезы приведен на рис. 4. Материал режущей части зубьев — твердый сплав ВК6. Диаметр фре-

Таблица 1

Схема обработки	R_3	R_ϕ	R_d	H	h	S
1.1K + 1 (см. рис. 1)	20	30	13,58	6,42	3,58	—
1.1K + 1/2 (см. рис. 2)	20	30	17,48	2,52	0,16	34,96

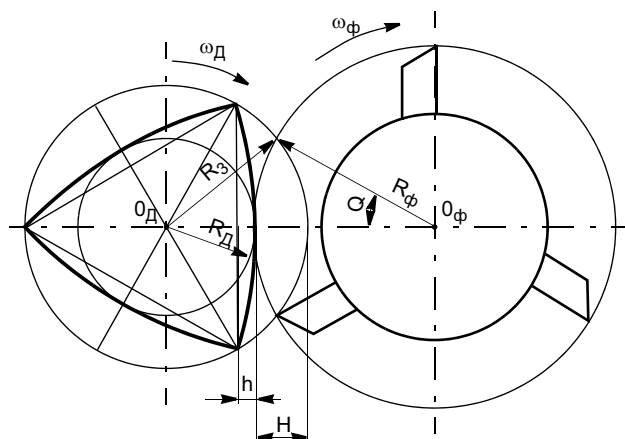


Рис. 1. Схема фрезоточения трехгранного криволинейного контура

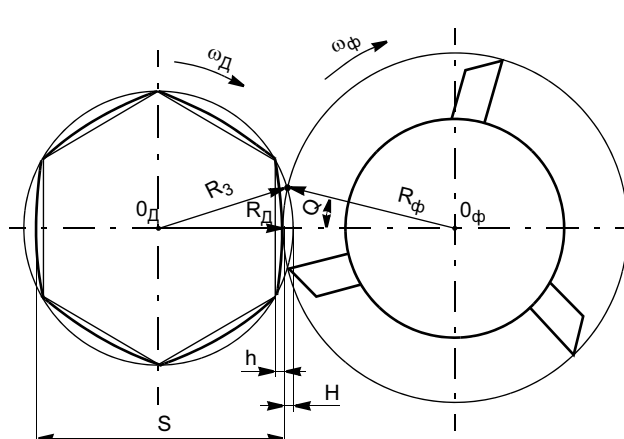


Рис. 2. Схема фрезоточения шестигранного криволинейного контура

зы по вершинам зубьев $D_{\phi} = 60$ мм, число зубьев $Z = 3$, длина зубьев $l = 25$ мм.

Основные геометрические параметры зубьев определены по методике, изложенной в работе [1]. Статические (конструктивные) параметры: главный угол в плане $\varphi = 75^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 0$; угол наклона режущей кромки $\eta = 0$; передний угол $\gamma = 0$; главный задний угол $\alpha = 6^\circ$; вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 14^\circ$.

В работе [1] установлено, что в процессе фрезоточения происходит изменение рабочих углов режущего клина зубьев: $\gamma_p = \gamma \pm Q$; $\alpha_p = \alpha \pm Q$ (Q — половина угла контакта заготовки и фрезы (см. рис. 1, 2)).

При обработке трехгранного профиля с радиальной подачей $Q = 24^\circ$, следовательно, в про-

цессе обработки передний и задний углы изменяются от 24 до -24° . При таких значениях рабочих углов процесс резания практически невозможен [4].

При обработке шестигранника с радиальной подачей $Q = 8^\circ$, следовательно, передний рабочий угол изменяется от 8 до -8° , а задний рабочий угол — от 22 до 6° . При таких значениях рабочих углов процесс резания возможен [4].

При фрезоточении некруглых профилей с продольной подачей рабочие углы зубьев остаются постоянными и практически равны статическим [4]: $\gamma_p = \gamma = 0$; $\alpha_p = \alpha = 6^\circ$.

Длительность основного времени t_0 рассчитывали по известной методике [4], как для случая точения круглых валов с радиальной или продольной подачей: $t_0^p = \frac{H}{n_d S_p}$;

$$t_0^{пр} = \frac{L}{n_d S_{пр}} \quad (H — \text{максимальный}$$

припуск (см. рис. 1, 2); L — длина обрабатываемого профиля (см. рис. 3); n_d — частота вращения детали; S_p и $S_{пр}$ — скорость радиальной и продольной подачи за один оборот детали соответственно).

Числовые значения режимов и основного времени обработки некруглых профилей приведены в табл. 2.

Методика проведения экспериментов

1. Настроить станок для фрезоточения некруглых профилей по одной из трех схем:

- $1.1K + 1/2$ (см. рис. 2) с радиальной подачей;
- $1.1K + 1$ (см. рис. 1) с продольной подачей;
- $1.1K + 1/2$ (см. рис. 2) с продольной подачей; (режимы обработки — см. табл. 2).

2. Обработать образец методом пробных проходов и замеров, выдерживая размер R_d по качеству точности 12 (номинальная величина R_d — см. табл. 1).

3. Обработать еще 10 образцов на предварительно настроенном станке, фиксируя длительность основного времени секундомером с точностью ± 1 с.

На каждом образце, не снимая его со станка, измерить действительные размеры R_d (на каждой грани), R_z (на каждом ребре) и S . Размеры R_d и R_z измерить индикатором с точностью до $\pm 0,01$ мм; настройку индикатора (на ноль) производить по действительным размерам R_d и R_z контрольных поясков 1 и 3 (см. рис. 3). Размеры S измерять микрометром с точностью $\pm 0,01$ мм.

4. Настроить станок, провести обработку 10 деталей по остальным двум схемам по методике, изложенной в пунктах 1, 2, 3.

Результаты измерений обработаны методом математической статистики [5], по каждому параметру рассчитано фактическое поле рассеяния 6σ . Экспериментальные

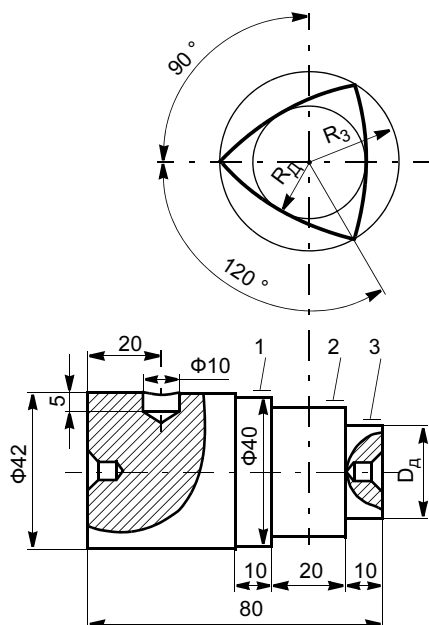


Рис. 3. Эскиз образца

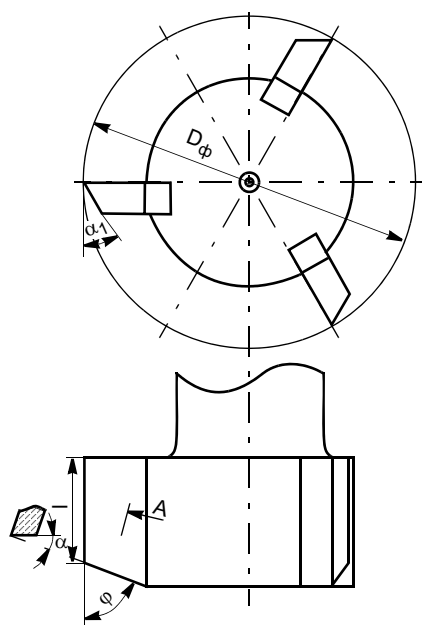


Рис. 4. Эскиз рабочей части фрезы

Таблица 2

Режим обработки	Трехгранник с продольной подачей	Шестигранник	
		с радиальной подачей	с продольной подачей
Скорость резания v , м/мин	100	42	100
Частота вращения детали n_d , об/мин	318	60	145
Частота вращения фрезы n_f , об/мин	318	180	435
Скорость подачи, мм/об:			
радиальной S_p	—	0,10	—
продольной $S_{пр}$	0,460	—	0,46
Основное время t_0 , мин	0,137	0,42	0,30
Примечание. Охлаждение — поливом эмульсией "Аквол-6".			

Таблица 3

Схема обработки	$R_3 - 6\sigma, \text{мм}$	$R_d - 6\sigma, \text{мм}$	$S - 6\sigma, \text{мм}$	$Ra, \text{мкм}$	$t_0, \text{мин}$
1.1K + 1 (см. рис. 1) с продольной подачей	20 _{-0,12}	13,6 _{-0,12}			0,137
1.1K + 1/2 (см. рис. 2) с радиальной подачей	20 _{-0,12}	17,5 _{-0,12}	35 _{-0,24}	2,6—10,0	0,420
1.1K + 1/2 (см. рис. 2) с продольной подачей	20 _{-0,12}	17,5 _{-0,12}	35 _{-0,12}		0,300
1.1K + 1 (см. рис. 1) с радиальной подачей		Обработка невозможна			

значения параметров фрезоточения профилей приведены в табл. 3.

Параметр шероховатости поверхности, обработанной методом фрезоточения, определяли с помощью профилографа 253 завода "Калибр". В процессе экспериментальных исследований установлено следующее:

— точность обработки некруглых профилей фрезоточением

с радиальной и осевой подачей соответствует качеству 12;

— параметр шероховатости Ra обработанной поверхности составляет 2,5—10,0 мкм;

— производительность фрезоточения некруглых профилей (по основному времени) соответствует производительности точения круглых валов, что значительно выше, чем при фрезоточении много-

гранников с помощью делительных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронов В. Н. Формообразование и кинематика резания при фрезоточении некруглых профилей // Автоматизация и современные технологии. 2001. № 7. С. 8—11.
2. Воронов В. Н. Режимные параметры процесса фрезоточения некруглых профилей // Автоматизация и современные технологии. 2004. № 1. С. 3—5.
3. Воронов В. Н. Технологические возможности процесса фрезоточения // Автоматизация и современные технологии. 1999. № 3. С. 14—17.
4. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1958. 304 с.
5. Маталин А. А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985. 512 с.

В. С. ИВАНОВ, канд. техн. наук
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Итерационный метод решения системы уравнений в задачах циклоидального формообразования деталей при обработке вращающимся лезвийным инструментом

Одним из интегральных выходных параметров формообразования, определяющим точность и производительность обработки, является траектория относительного движения формообразующей точки инструмента, например вершины резца, в координатах, связанных с деталью.

Траектория формообразования представляет геометрическое место точек, последовательно занимаемых формообразующим элементом инструмента, например вершиной резца.

В данной работе с целью однозначного математического описания законов формообразования для различных схем циклоидальной обработки формализуем компоновку технологической пары и формообразующие движения в виде системы векторов с использованием методов векторной алгебры [1, 2].

При разработке модели формообразования использован принцип относительности движений, согласно которому шпindel детали и связанную с ним систему координат фиксируют от вращения, а инструментальному шпинделю с центром O_i сообщают обращенное вращательное движение $-\Phi_v(B_1)$ с угловой скоростью $-\omega_d$, равной по величине и противоположной по направлению угловой

скорости ω_d реального вращения $\Phi_v(B_1)$ шпинделя детали (рис. 1).

Вращение инструментального шпинделя $\Phi_s(B_2)$ вокруг подвижного центра O_i является относительным.

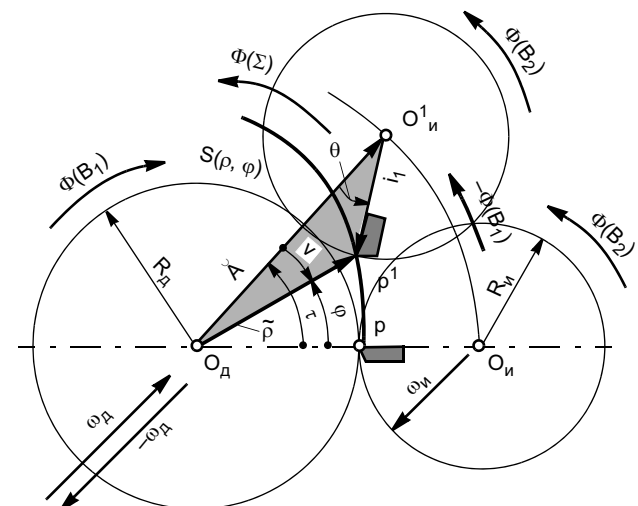


Рис. 1. Графическая модель формирования траектории $S(p, \varphi)$ движения формообразования

Таблица 1

Обозначение приведенного параметра и формулы для его определения	Наименование приведенного параметра
$i_1 = i_1 \check{R}_n = R_n/R_d$	Геометрическое передаточное отношение схемы технологического зацепления, тождественно равно приведенному радиусу инструмента
$\check{A} = A/R_d = 1 - i_1$	Приведенное межцентровое расстояние
$i = \omega_d/\omega_n$	Кинематическое передаточное отношение угловых скоростей детали и инструмента
$I = \frac{V_n}{V_d} = \frac{i_1}{i}$	Передаточное отношение окружных скоростей
$\tilde{\rho} = \rho/R_d$	Приведенный радиус формообразования, определяемый отношением текущего радиуса формообразования к номинальному радиусу детали

Рассмотрим абсолютное движение формообразующей точки в координатах, связанных с деталью. Для сопоставимости расчетных данных при моделировании и исследовании геометрические параметры формообразования рассматриваются в приведенном к единичному радиусу детали виде, а кинематические — к угловой скорости инструмента (табл. 1).

Обозначим угловое отклонение инструментального шпинделя O_n^1 в обращенном движении от нулевого положения по истечении некоторого времени t через τ .

За это время точка зацепления детали и инструмента переместится из полюса p в новое положение p^1 , при этом радиус-вектор i_1 этой точки повернется вокруг центра O_n на угол θ относительно нулевого положения. При этом справедливы соотношения

$$\tau = -\omega_d t; \theta = \omega_n t. \quad (1)$$

Радиус-вектор формообразования $\tilde{\rho}$, направленный из центра O_d в точку зацепления p^1 , в векторном виде определяется суммой векторов $\check{A}$ и i_1 :

$$\tilde{\rho} = \check{A} + i_1. \quad (2)$$

Модуль (абсолютная величина) приведенного радиуса-вектора формообразования определяется из векторного треугольника $\check{A} \tilde{i}_1 \rho$ (см. рис. 1) с использованием теоремы косинусов по соотношению

$$\tilde{\rho} = \sqrt{\check{A}^2 + \tilde{i}_1^2 - 2\check{A}\tilde{i}_1 \cos \theta}. \quad (3)$$

Выражая $\check{A}$ через i_1 (см. табл. 1) и используя известные тригонометрические преобразования, получим

$$\tilde{\rho} = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta/2)}, \quad (4)$$

где θ — текущий угол отклонения радиуса-вектора формообразующей точки инструмента (вершина резца) от нулевого положения (полюс зацепления p).

Угловое положение радиуса-вектора формообразования φ в абсолютных координатах, связанных

с деталью, определяется углом его отклонения от начального положения. Угол φ определяется угловым отклонением τ центра O_n^1 в обращенном движении и угловым отклонением v радиуса-вектора формообразования $\tilde{\rho}$ относительно начального положения (линии центров) в подвижной системе координат:

$$\varphi = \tau + v. \quad (5)$$

Угол v определяется из подвижного векторного треугольника $\check{A} i_1 \rho$ по соотношению

$$\tilde{\rho} \sin v = i_1 \sin \theta. \quad (6)$$

Поскольку за положительное направление принято направление абсолютного вращения детали ($\omega_d > 0$), то угловое отклонение в обращенном движении ($\tau = -\omega_d t$) отрицательно, а знаки угловых отклонений v и θ определяются в сравнении с направлением угла τ . В случае их однонаправленности они отрицательные, в случае разнонаправленности — положительные.

Взаимосвязь угловых отклонений τ и θ определяется соотношением

$$\tau/\theta = -\omega_d t/\omega_n t = -i \text{ или } \tau = -i\theta. \quad (7)$$

Выражения (4—7) определяют кинематическую модель циклоидального формообразования деталей при лезвийной обработке по одной траектории [3], которую можно записать в виде системы уравнений

$$\begin{cases} \tilde{\rho} = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta/2)}; \\ \tilde{\rho} \sin v = i_1 \sin \theta; \\ \varphi = \tau + v; \\ \tau = -i\theta. \end{cases} \quad (8)$$

Модель базируется на векторном представлении схемы технологического зацепления детали и инструмента и вращательных формообразующих движений.

Модель (8) однозначно определяет взаимосвязь параметров $\tilde{\rho}$ и φ траектории формообразования S с геометрическими параметрами схемы зацепления i_1 и кинематическими параметрами i, θ, τ, v процесса.

Модель содержит семь переменных, функционально связанных четырьмя уравнениями. Решение модели заключается в определении четырех переменных при заданных трех.

Абсолютное значение текущего радиуса формообразования определяется зависимостью

$$\rho = \tilde{\rho} R_d, \quad (9)$$

где R_d — номинальный радиус детали.

Применительно к циклоидальным процессам формообразования модель является универсальной и справедлива для режимов точения и фрезерования, реализуемых как в условиях попутного, так и встречного резания.

Одной из задач анализа является решение модели (8) относительно выходных параметров формообразования $\tilde{\rho}$ и φ при заданных двух параметрах: i_1 — геометрическое передаточное отношение технологического зацепления; i — кинематическое передаточное отношение. В задачах анализа точности формообразования круглых или циклоидальных профилей детали (рис. 2, а—д) в исходных данных задается угол φ и определяется $\tilde{\rho}$, в задачах расчета длины прорези щелевых структур (рис. 2, е) задается $\tilde{\rho}$ и определяется угол φ .

Для решения первой задачи из модели формообразования (8) после преобразований получаем

$$\begin{cases} \tilde{\rho} = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta/2)}; \\ \theta = \arcsin\left(\frac{\tilde{\rho} \sin \nu}{i_1}\right) = \arcsin\left(\frac{\tilde{\rho} \sin(\varphi + i\theta)}{i_1}\right). \end{cases} \quad (10)$$

Система не может быть решена абсолютно точно путем простой подстановки переменных, так как второе выражение представляет уравнение с неявно выраженной переменной, где параметр θ не может быть представлен в явном виде.

Известен приближенный способ решения модели (10), базирующийся на известных формулах приближения элементарных функций (синусы и подкоренные выражения) [3]. Однако этот способ имеет существенные ограничения по погрешности вычислений и практически может быть использован в задачах формообразования в основном для условий точения круглопрофильных деталей, где углы контакта в технологическом зацеплении на участке формирования профиля детали не превышают, как правило, 10° .

Для повышения точности расчета и расширения области практического применения модели формообразования (8), например в задачах формообразования циклоидальных многогранников, ее решают с использованием одного из численных методов — метода итераций (последовательных приближений). Кроме того, при вычислениях используют рекуррентные соотношения, в которых переменной в правой

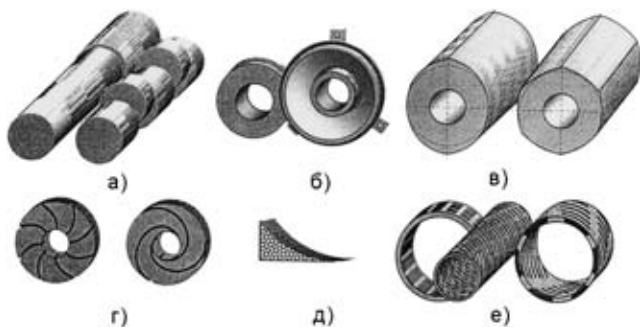


Рис. 2. Типовые детали, получаемые лезвийной обработкой: а — гладкие и колеччатые валы; б — кольца и фланцы; в — циклоидальные многогранники; г — распылители и кулачки; д — тормозные колодки; е — щелевые фильтры

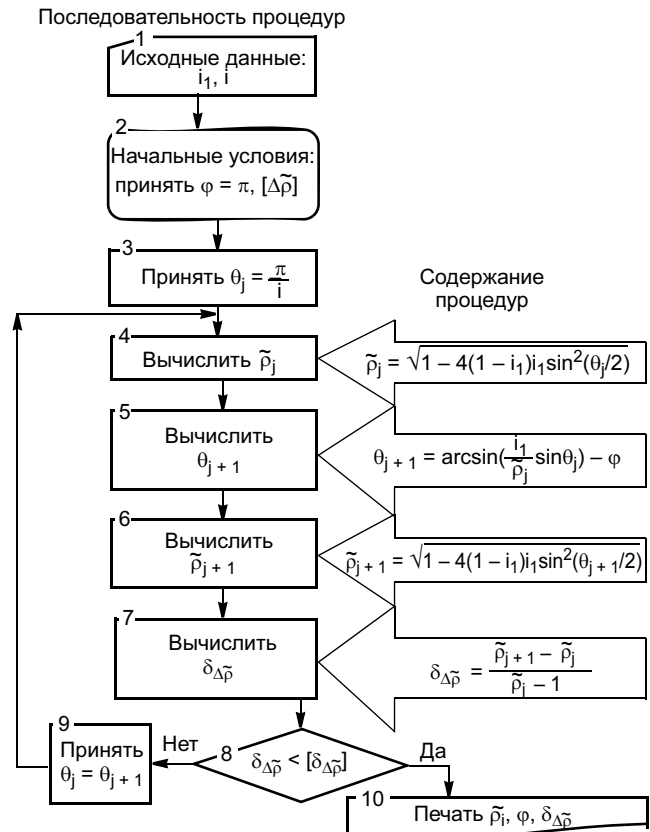


Рис. 3. Блок-схема алгоритма расчета параметров радиуса-вектора формообразования

части уравнения присваивается индекс "j" текущей, а в левой — последующей "(j + 1)" вычислительной итерации.

После введения рекуррентного соотношения модель (10) приводится к виду

$$\begin{cases} \tilde{\rho} = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta/2)}; \\ \theta_{j+1} = \arcsin\left(\frac{\tilde{\rho} \sin \nu}{i_1}\right) = \arcsin\left(\frac{\tilde{\rho} \sin(\varphi + i\theta)}{i_1}\right). \end{cases} \quad (11)$$

Блок-схема алгоритма расчета радиуса формообразования $\tilde{\rho}$ приведена на рис. 3.

Описание алгоритма расчета радиуса формообразования $\tilde{\rho}$ итерационным способом применительно к условиям точения:

1. **Описание исходных данных.**

Заданы параметры схемы технологического зацепления R_d , R_n , i_1 и кинематические параметры обработки ω_d , ω_n , i .

2. **Описание начальных условий.**

Принимается значение предельного угла отклонения радиуса-вектора формообразования детали $\varphi_{\max}$ и величина допустимой относительной погрешности расчета, например по предельному отклонению радиуса формообразования от номинальной окружности — $[\delta_{\Delta \tilde{\rho}}]$. Для условий точения

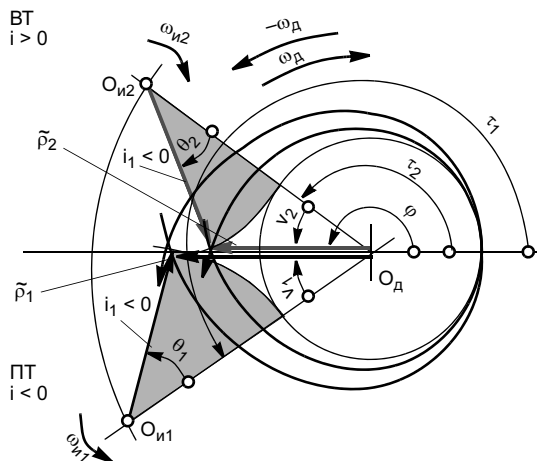


Рис. 4. Расчетная схема для определения параметров радиуса-вектора формообразования ($\tilde{p}_1, \tilde{p}_2$ — предельный приведенный радиус-вектор формообразования для ПТ и ВТ соответственно; φ — угол отклонения радиусов $\tilde{p}_1$ и $\tilde{p}_2$ от начального положения)

поперечный профиль детали полностью формируется нисходящей и восходящей ветвями циклоидальной траектории формообразования, симметричными относительно полюса технологического зацепления и пересекающимися при значении текущего угла формообразования $|\varphi| = \pi$, образуя вершину циклоидального многогранника.

Задача расчета заключается в определении максимального значения приведенного радиуса-вектора формообразования $\tilde{p}$ профиля детали и его отклонения от номинальной окружности для заданного угла $\varphi = \pi$.

Расчетная схема для условий попутного (ПТ) и встречного (ВТ) течения приведена на рис. 4.

Последовательность операций

3. На первом шаге приравнять текущее значение θ_j угла поворота вершины резца относительно центра его вращения O_i начальному его значению, исходя из уравнений (3) и (4) модели (8) и с учетом первого допущения $\tau_1 = \varphi = \pi$:

$$\theta_j = -\frac{\pi}{i}.$$

4. Вычислить текущее значение радиуса-вектора формообразования j -той итерации

$$\tilde{p}_j = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta_j/2)}.$$

5. Вычислить следующее (уточненное) значение угла θ_{j+1}

$$\theta_{j+1} = \arcsin\left(\frac{i_1}{\tilde{p}_j} \sin \theta_j\right) - \varphi.$$

6. Вычислить следующее (уточненное) значение радиуса-вектора формообразования $\tilde{p}_{j+1}$:

$$\tilde{p}_{j+1} = \sqrt{1 - 4(1 - i_1)i_1 \sin^2(\theta_{j+1}/2)}.$$

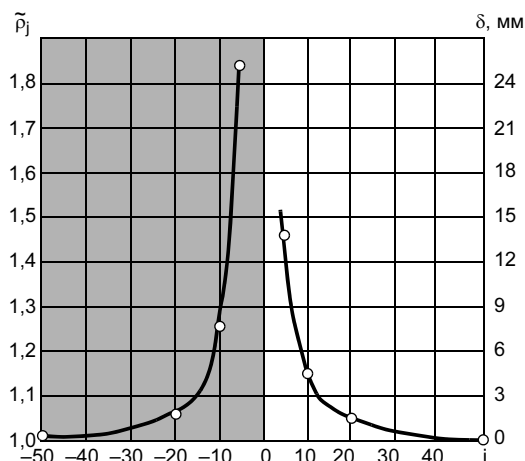


Рис. 5. Зависимость параметров формообразования от кинематического передаточного отношения для внешней схемы технологического зацепления при $i_1 = -1,67$ (темный фон — область ПТ, светлый — ВТ)

7. Вычислить относительную погрешность расчета предельного отклонения максимального отклонения радиуса формообразования от номинальной окружности

$$\delta_{\Delta \tilde{p}} = \frac{\tilde{p}_{j+1} - \tilde{p}_j}{\tilde{p}_j - 1}.$$

8. Сравнить вычисленную погрешность расчета с заданным допустимым значением:

$$\delta_{\Delta \tilde{p}} < [\delta_{\Delta \tilde{p}}] \text{ — ???}$$

9. При отрицательном результате сравнения присвоить новому полученному значению θ_{j+1} текущий индекс θ_j и перейти к второй итерации вычислений, начиная с п. 4.

10. При положительном результате сравнения (погрешность расчета меньше допустимой) распечатать значения параметров траектории $\tilde{p}_j, \varphi, \delta_{\Delta \tilde{p}}$. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока результат сравнения по п. 8 не станет положительным.

При заданных $R_d = 30$ мм, $R_i = 50$ мм, внешней схеме технологического зацепления $i_1 = -1,67$ по предложенному итерационному методу рассчитывали $\tilde{p}_j$ при $\varphi = \pi$ для попутного и встречного течения в диапазоне варьирования кинематического передаточного отношения $i = -50 \div 50$ и принятой допустимой относительной погрешности вычислений $[\delta_{\Delta \tilde{p}}] = 0,005$.

Результаты расчета приведены в табл. 2, графическая иллюстрация — на рис. 5. Видно, что взаимонаправленность движений существенно влияет на параметры формообразования детали $\tilde{p}, \rho, \delta_p$. При значениях $|i| < 10$ отличие в значениях отклонений радиусов формообразования превышает 50 %. Это, в свою очередь, убедительно доказывает необходимость представления формообразующих движений в векторном виде, например через кинематическое передаточное отношение угловых скоростей.

Таблица 2

Параметр	Кинематическое передаточное отношение							
i	-50	-20	-10	-5	5	10	20	50
$\tilde{\rho}_j$	1,00934	1,0625	1,254	1,844	1,472	1,155	1,0455	1,00818
j	$j=2$	$j=3$	$j=3$	$j=3$	$j=3$	$j=3$	$j=2$	$j=2$
$\delta_{\Delta\tilde{\rho}}$	-0,002	0	0	0	-0,0046	0	0	+0,0031
ρ , мм	30,2802	31,875	37,620	55,320	44,160	34,650	31,365	30,2454
δ_{ρ} , мм	0,2802	1,875	7,620	25,320	14,160	4,650	1,365	0,2454

Обозначения: темная область — ПТ; светлая — ВТ; δ_{ρ} — натуральное значение отклонения вершины циклоидального одностороннего профиля детали от номинальной окружности, равное $\rho - R_d$.

Таблица 3

Параметр	Кинематическое передаточное отношение										
i	-50		-20			-10			-5		
j	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
θ_j	0,0628	0,0649	0,157	0,169	0,170	0,314	0,357	0,361	0,628	0,747	0,751
$\tilde{\rho}_j$	1,00875	1,00934	1,0534	1,0616	1,0625	1,198	1,250	1,254	1,643	1,838	1,844
θ_{j+1}	0,0649	0,06495	0,169	0,170	0,170	0,357	0,361	0,361	0,747	0,751	0,752
$\tilde{\rho}_{j+1}$	1,00934	1,00936	1,0616	1,0625	1,0625	1,250	1,254	1,254	1,838	1,844	1,844
$\delta_{\Delta\tilde{\rho}}$	+0,0678	+0,002	+0,154	+0,015	0,000	+0,263	+0,018	0,000	+0,125	+0,0076	0,000

Параметр	Кинематическое передаточное отношение										
i	5			10			20		50		
j	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	
θ_j	-0,628	-0,500	-0,517	-0,314	-0,270	-0,275	-0,157	-0,145	-0,0628	-0,0607	
$\tilde{\rho}_j$	1,643	1,446	1,472	1,198	1,150	1,155	1,0534	1,0455	1,00875	1,00818	
θ_{j+1}	-0,500	-0,517	-0,516	-0,270	-0,275	-0,275	-0,145	-0,145	-0,0607	-0,0608	
$\tilde{\rho}_{j+1}$	1,446	1,472	1,470	1,150	1,155	1,155	1,0455	1,0455	1,00818	1,00821	
$\delta_{\Delta\tilde{\rho}}$	-0,300	+0,058	-0,0046	-0,240	+0,033	0,000	-0,148	0,000	-0,065	+0,0031	

Обозначения — см. табл. 2.

Динамика итерационного вычислительного процесса приведена в табл. 3 и на рис. 6. Из приведенных табличных и графических данных видно, что сходимость функции погрешности расчета от числа

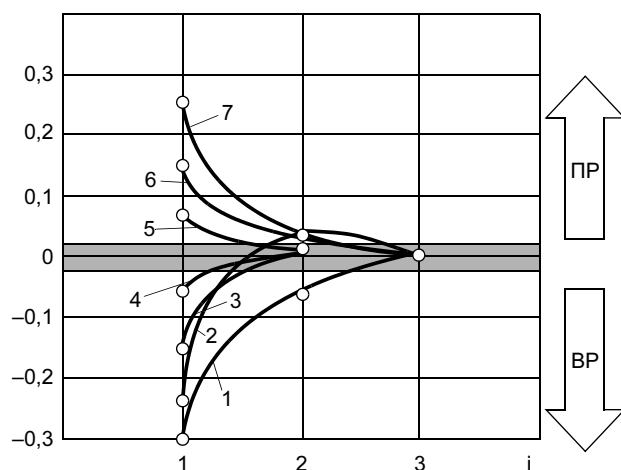


Рис. 6. Взаимосвязь погрешности расчета предельного отклонения радиуса формообразования от номинальной окружности с числом итераций (темная область — допустимая погрешность расчета): 1—7 — i равно 5, 10, 20, 50, -50, -20 и -10 соответственно

итераций носит в основном монотонный характер. В исследуемой области передаточных отношений и при заданной допустимой погрешности расчета число итераций находится в пределах 2—3, что позволяет считать итерационный процесс быстрым. С уменьшением абсолютной величины передаточного отношения итерационный процесс замедляется, а при переходе в зону фрезерования, где $|i| \ll 1$, прогнозируемое число итераций для достижения требуемой точности расчета может составить несколько десятков.

Адекватность предложенного метода расчета параметров формообразования по модели (10) проверяли численным экспериментом с использованием программного продукта Math CAD 13. Задачей эксперимента являлось решение уравнений по модели (10) относительно переменной θ и сопоставление полученных числовых значений с расчетными данными заключительных итераций табл. 3.

Предварительно для решения второго уравнения модели (10) в программной среде Math CAD первоначально его приводили к виду

$$\theta - \arcsin\left(\frac{\tilde{\rho} \sin(\varphi + i\theta)}{i_1}\right) = 0. \quad (12)$$

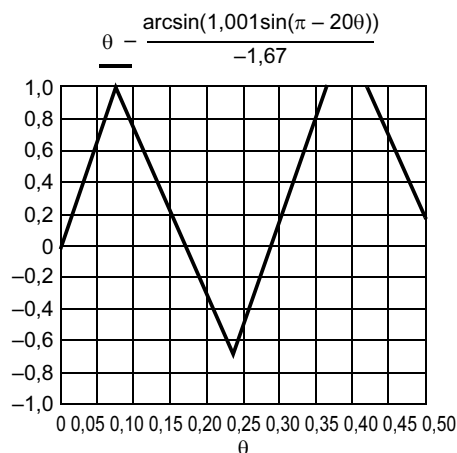


Рис. 7. Символьная и графическая информация в окне построения функций Math CAD 13

Затем вводили функцию

$$F(\theta) = \theta - \arcsin\left(\frac{\tilde{p} \sin(\varphi + i\theta)}{i_1}\right). \quad (13)$$

Далее с использованием меню операторов построения графиков функций и операторов соответствующих стандартных функций в окне построения функций по соответствующим меткам в символьном виде воспроизводили функцию (13) для заданных значений $\varphi = \pi$, $i_1 = -1,67$ и ряда числовых значений i с указанием диапазонов варьирования θ и F .

Точки пересечения полученного графика с координатной линией $F(\theta) = 0$ (рис. 7) определяют на координатной оси θ корни θ_i уравнения (12), т. е. корни второго уравнения модели (10).

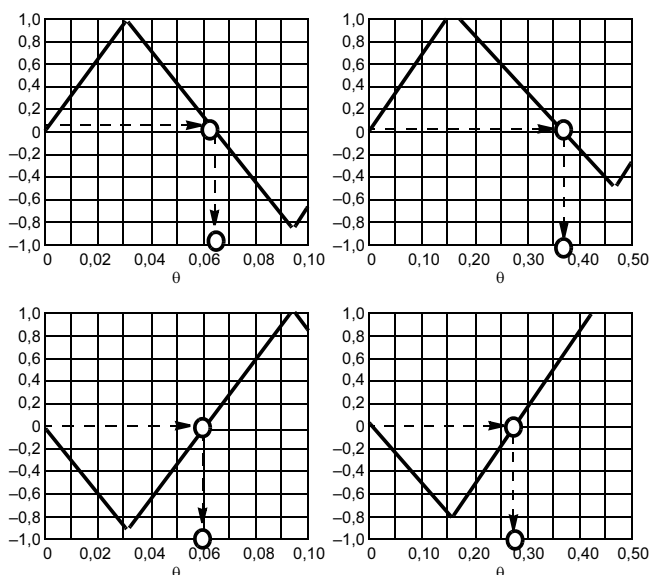


Рис. 8. Результаты численного эксперимента с использованием программного продукта Math CAD 13

На рис. 8 приведены варианты графического решения второго уравнения модели (10) относительно угла θ для значений кинематического передаточного отношения i , равных -50 , -10 , 10 и 50 .

Сравнение соответствующих значений θ на конечных итерациях по табл. 3 и графикам на рис. 7 показывает практически полное их совпадение, что подтверждает адекватность разработанного итерационного метода решения модели, содержащей соотношения с неявно выраженными переменными.

Представленный метод позволяет вычислять алгебраические и трансцендентные выражения с неявно выраженной переменной с любой допустимой погрешностью и может быть использован при кинематических и динамических расчетах в машиностроительных задачах.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная кинематическая модель формообразования деталей при обработке вращающимся лезвийным инструментом однозначно определяет взаимосвязь параметров траектории формообразования с геометрическими параметрами схемы зацепления и кинематическими параметрами процесса обработки.

Решение модели заключается в определении четырех переменных при заданных трех.

Модель справедлива для различных схем технологического зацепления: внешней и охватывающей при обработке валов, внутренней при обработке отверстий, для различных методов обработки (точения и фрезерования) и различных способов реализации резания (попутное и встречное) и может быть использована при получении деталей с поперечным профилем различной конфигурации.

2. Установлено, что точное решение модели общезвестными способами решения систем уравнений не представляется возможным, так как приводит к выражениям с неявно выраженными переменными.

3. Разработан итерационный метод решения системы трансцендентных уравнений с неявно выраженной переменной, базирующийся на рекуррентных соотношениях и позволяющий вычислять алгебраические и трансцендентные выражения с неявно выраженной переменной с любой требуемой погрешностью. Метод может быть использован при кинематических и динамических расчетах в машиностроительных задачах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугров Я. С., Никольский С. М. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. М.: Наука, 1980. 176 с.
2. Корн Г., Корн К. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1974. 832 с.
3. Иванов В. С. Моделирование процесса циклоидального формообразования при лезвийной обработке поверхностей вращения // Технология машиностроения. 2007. № 7. С. 19—23.

В. А. РОГОВ, д-р техн. наук, Г. Г. ПОЗНЯК, д-р техн. наук, В. В. КОПЫЛОВ, канд. техн. наук,
А. С. КОШЕЛЕНКО, канд. техн. наук, Я. М. ХАМДАН, аспирант
Российский университет дружбы народов

Исследование напряженно-деформированного состояния стоек технологического оборудования с помощью поляризационно-оптической модели

Стойки (колонны) находят большое применение в металлорежущих станках, так как их малые габаритные размеры обеспечивают возможность располагать на них шпиндели и ползуны перпендикулярно к основным базовым поверхностям деталей, причем рационально используется свободное рабочее пространство, открытое с трех сторон. Однако при значительных вертикальных составляющих силы резания в результате изгибающего момента в вертикальной плоскости, перпендикулярной фронту станка, происходит отклонение вертикальной оси стойки от перпендикулярности, что приводит к возникновению погрешностей обработки.

В качестве примера можно привести стойки ультразвуковых прошивочных станков. Поскольку силы резания при прошивке незначительны, стойки таких станков изготавливают из легких сплавов в виде тонкостенных коробчатых конструкций. При прижме индентора к обрабатываемой поверхности возникают колебания его вершины в плоскости, нормальной к оси прошиваемого отверстия, и происходит разбиевание отверстия и потеря точности его формы [1]. Подобные явления наблюдаются в одностоечных кривошипных прессах, что приводит к опасности "зарубания" и выкрошивания рабочих поверхностей матриц и пуансонов.

Авторами разработана конструкция стойки, в которой за счет изменения расположения участков сжатия и растяжения значительно уменьшаются отклонения от перпендикулярности вертикальных направляющих по отношению к плоскости стола. Задачу решали аналитически и путем моделирования методом фотомеханики. На рис. 1, а приведена схематическая модель цельной стойки (аналог стандартной стойки, изготавливаемой из чугуна) из поляризационно-оптического материала (полиметилметакрилата Э2 толщиной 5 мм), а на рис. 1, б — модель, которая получена из модели, дублирующей первую, путем выполнения прорезей. Для сохранения жесткости верхняя часть стойки соединена с образовавшимся вертикальным кронштейном двумя боковыми накладками 1 и штифтами 2. При изготовлении стойки в натуре указанная прорезь может формироваться при литье.

Для аналитического рассмотрения приведенной схемы (см. рис. 1, б) полагаем нижнюю часть стойки

заделанной. Мысленно перерезаем боковые накладки и к штифтам прикладываем противоположно направленные вертикальные силы P , равные нагрузке. Таким образом, на вертикальный кронштейн будет действовать растягивающая сила P , а на правую часть стойки, расположенную за прорезью, — изгибающий момент Ph и сжимающая сила P . Исключив из рассмотрения (ввиду малости) момент трения в соединении штифтов и элементов, можно утверждать, что в сечениях вертикального кронштейна будут действовать преимущественно растягивающие напряжения, а в сечениях стойки, расположенных за разрезом — изгибающие и сжимающие напряжения:

$$\sigma_k = \frac{P}{F_k}, \quad \sigma_{ст} = \frac{P}{F_{ст}} + \frac{Ph}{2J}b, \quad (1)$$

где σ_k , $\sigma_{ст}$ — напряжения в вертикальном кронштейне и стойке за разрезом, P — сила прижима индентора, Ph — изгибающий момент, F_k , $F_{ст}$ — площади сечений кронштейна и стойки соответственно, J — момент инерции горизонтального сечения стойки, b — размер горизонтального сечения стойки.

Таким образом, инструментальная головка ультразвукового станка, перемещающаяся в направляющих вертикального кронштейна, который испытывает незначительные изгибающие напряжения, будет иметь незначительные угловые перемещения.

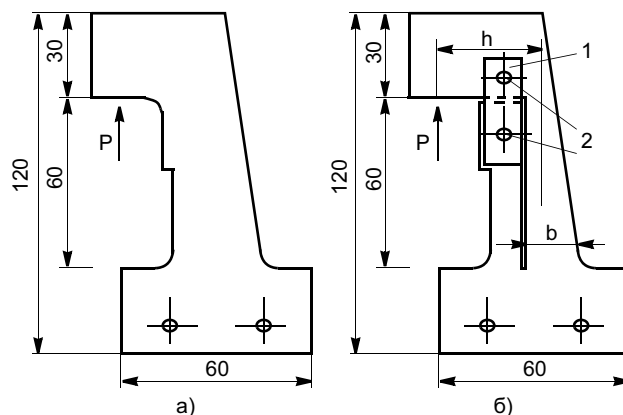


Рис. 1. Модели стоек, выполненные из поляризационно-оптического материала

Выполненные расчеты показали справедливость высказанных предположений. Для большей наглядности и доказательности разработанного технического решения было реализовано поляризационно-оптическое исследование. Экспериментальные исследования методом фотомеханики проводили на модернизированной установке ППУ-7, которая позволяла проектировать изображение модели в поляризованном свете на экран для визуального анализа и регистрировать с экрана цифровой фотокамерой с возможностью изменения масштаба изображения.

Приведенные на рис. 2 фотограммы изолиний максимальных касательных напряжений рассматриваемых конструктивных вариантов моделей стоек свидетельствуют о том, что, несмотря на идентичность значений деформирующих сил, их направления и точек приложения, напряженно-деформированное состояние моделей резко отличается. Условие идентичности нагружения подтверждается одинаковым порядком полосы $\tau_{\max}$ в центре тарировочного диска, а также местоположением диска. Из схемы статики нагружения цельной модели стойки (см. рис. 1, а) очевидно, что создаваемый приложенными распорными силами изгибающий момент деформирует ее вертикальный участок в пределах точек приложения распорных сил по схеме чистого изгиба. Это подтверждается фотограммой (рис. 2, а), на которой цифрой "0" помечено положение нейтральной оси, а по направлению к вертикальным контурам стойки направо и налево от нейтральной полосы изолинии соответствующего порядка полос $\tau_{\max}$ помечены цифрами "-1", "-2", "-3" и "+1", "+2", "+3". Расположение изолиний $\tau_{\max}$ практически параллельно контурам стойки. Это позволяет утверждать, что стойка, подобная форме балки, деформирована чистым изгибом [2]. Наблюдаемая незначительная асимметрия изолиний $\tau_{\max}$ является результатом неполной симметрии формы балки.

Картина напряженно-деформированного состояния модели с прорезями (рис. 2, б) значительно от-

личается от исходного варианта. Фотограмма $\tau_{\max}$ показывает, что вертикальный кронштейн (левая от прорези часть стойки) на всей длине между зонами концентрации напряжений, обусловленных локальными участками внешнего геометрического контура, практически на 80 % по ширине имеет однородное напряженное состояние, что является характерным признаком растяжения.

Для правой части стойки, расположенной за прорезью, картина изолиний имеет вид, характерный для консольного изгиба с некоторой особенностью напряженного состояния вдоль контура прорези, встречающийся в рамных конструкциях, а именно — наличие точки нулевого момента на контуре в средней части по высоте стойки (см. рис. 2, б). Одновременно на правом контуре вертикального кронштейна в середине его высоты примерно на уровне нулевого момента левой части стойки наблюдается напряженное состояние с точкой нулевого момента, характерного для изгиба. Наличие этих двух точек нулевых моментов на разных участках рамного контура свидетельствуют о разнонаправленности деформаций по контуру прорези левой и правой частей стойки, что может повлиять на конечное положение горизонтальных базовых участков конструкции.

Кроме описанных изолиний максимальных касательных напряжений в средней части стойки, следует обратить внимание и на области перехода от вертикальной части конструкции к основанию. Сравнение фотограмм зон концентрации на переходной галтели в основании правого внешнего наклонного контура стойки показывает, что величина максимальных контурных сжимающих напряжений в указанной зоне концентрации в исходной конструкции более чем на 20 % превышает значение этих напряжений в предлагаемой конструкции. Таким образом, в конструкции с прорезью деформации и относительные перемещения базовых элементов будут меньше, что также свидетельствует о том, что возникающее перераспределение напряжений и деформаций способствует достижению поставленной цели — уменьшению угловых отклонений направляющих инструментальной каретки. Это позволяет значительно повысить точность и качество обработки.

Поскольку ультразвуковые станки работают с высокой частотой колебаний инструмента, то целесообразно их стойки и столы изготавливать из материала с высокими демпфирующими характеристиками, например синтетического гранита, полимербетона или натуральных минералов, например гранита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елсайед А. Елмоуши, Позняк Г. Г. Разработка методики экспериментального исследования статики ультразвукового шлифовального станка // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Инженерные исследования. 2004. № 2. (9). С. 77—82.
2. Фрохт М. Фотоупругость. М.—Л.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1948. Т. 1. 432 с., 1950. Т. 2. 488 с.

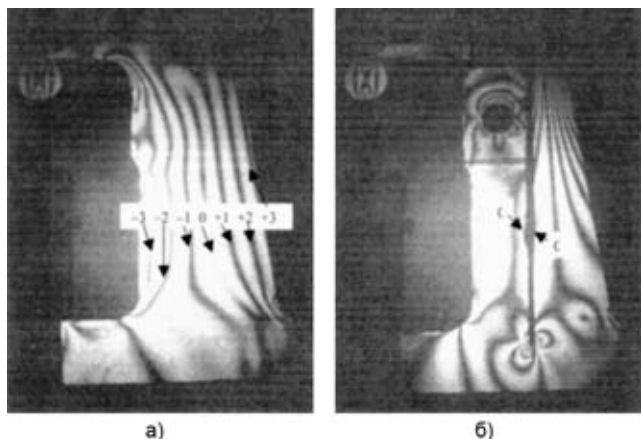


Рис. 2. Фотограммы изолиний максимальных касательных напряжений: а — цельная модель; б — модель с прорезями

Ю. Н. САРАЕВ, д-р техн. наук, В. П. БЕЗБОРОДОВ, канд. техн. наук,

Л. И. МАКАРОВА, канд. физ.-мат. наук

(Институт физики прочности и материаловедения СО РАН),

В. С. ЕКИМОВ, инж.

(ООО "Томскподводтрупопроводстрой"),

Л. М. ТРУФАКИНА, канд. хим. наук

(Институт химии нефти СО РАН, Томск)

Применение новых технологий защиты магистральных трубопроводов от коррозии и износа

Повышение надежности покрытий обусловлено необходимостью снижения числа аварий на магистральных трубопроводах, сопряженных с большими потерями энергетического сырья, перебоями в работе промышленных предприятий, опасным загрязнением среды, гибелью фауны и флоры. Затраты даже на частичное устранение последствий аварий несоизмеримо велики по сравнению с затратами на их предупреждение. Особую актуальность проблема защиты от коррозии приобретает в случае пересечения ниток трубопроводов с водными преградами.

Анализ современного состояния в области применения новых эффективных материалов для защиты от коррозии и износа трубопроводов различного назначения (нефте- и газопроводов, трубопроводов, химических производств, тепло- и водоснабжения) показал, что одним из наиболее перспективных направлений повышения срока службы труб является использование полимерных покрытий и ингибиторов коррозии, для нанесения которых используются порошковые материалы и гелевые поршни.

Порошковые полимерные покрытия по сравнению с лакокрасочными обладают высокими защитными и физико-механическими свойствами: прочностью, пластичностью, трещиностойкостью, атмосферостойкостью, стойкостью в кипящей воде, перегретом паре, щелочных и кислых растворах, при низких температурах.

Важным преимуществом полимерных покрытий является стабильность получаемых композиций и их свойств, быстрое (в течение нескольких минут) формирование, отсутствие растворителей, загрязняющих окружающую среду, высокие производительность процесса нанесения и коэффициент использования порошковых материалов.

В качестве материалов для покрытий применяют как термопластичные, образующие покрытия без химических превращений за счет сплавления частиц, так и термореактивные, формирующие покрытия в результате сплавления частиц и последующих химических превращений. К материалам первого типа относятся поливинилбутирала, полиамиды, полифторолефы и др. Материалы второго типа — эпоксидные, полиэфирные, полиакрилатные смолы и др.

На основе анализа литературных данных и результатов проведенных авторами экспериментов для защиты поверхностей труб от коррозии могут быть рекомендованы полимерные материалы типа полиамида 6/66, поливинилбутирала ПФН-12 и эпоксиды ПЭП-534.

Защиту от коррозии наружной и внутренней поверхностей труб полимерными покрытиями можно проводить на стационарных технологических участках, а сварных стыков труб в полевых условиях — с помощью мобильных установок.

При этом могут быть использованы следующие способы нанесения полимерных покрытий: воздушно-струйный; газопламенный и электростатический. Эти способы нанесения полимерных покрытий позволяют формировать беспористые защитные слои толщиной от десятка микрон до нескольких миллиметров на изделиях разных размеров.

Технологический цикл нанесения защитных полимерных покрытий включает операции по подготовке порошковых материалов и оборудования, очистке и прогреву напыляемых поверхностей, формированию покрытий и контроль их толщины и качества.

Контроль сплошности покрытий проводят ручным искровым дефектоскопом ДЭП-1М или ДИ-74. Толщину покрытия измеряют толщиномерами МТ-30Н или МТ-40НЦ, МТ-41НЦ. Контроль физико-механических и других свойств покрытий осуществляют на образцах-свидетелях.

Проведенные в ОАО "Томскэнерго" испытания защищенных полимерными покрытиями фрагментов труб показали полное отсутствие признаков коррозии и износа поверхностей.

По мере разработки новых технологий и оборудования возникают технические задачи, которые решают нетрадиционными способами, например, применяя гелевые поршни (гель-скребки, очистные скребки) для нанесения на внутреннюю поверхность трубопроводов ингибиторов коррозии, полимеров в виде растворов для уменьшения абразивного износа и трения, удаления накоплений газоконденсата, воды и других жидкостей в речных переходах и при расположении магистрального трубопровода на пересеченной ме-

стности. Применение полимерных поршней наиболее эффективно при сборе нефти на участках труб разного диаметра, врезки различных приборов, крутых поворотах и др. Эти участки трубопроводов подвергаются наибольшей коррозии, поскольку при выходе из скважины газонефтяная система является многофазной системой, состоящей из сырой нефти, минерализованной воды, газов и суспензии. Присутствие этих фаз, особенно минерализованной воды, сероводорода H_2S и углекислого газа CO_2 , обуславливает все виды коррозионных реакций. Наиболее сильной коррозии подвергается нижняя часть трубопровода, что можно объяснить нестабильностью эмульсионного режима, увеличением гидроабразивного износа и кавитационным действием. С помощью гелей, обладающих тиксотропными свойствами, т. е. способностью к восстановлению целостности покрытия вследствие вязко-упругих свойств, можно проводить антикоррозионную обработку. Состав антикоррозионного покрытия специально подбирается в каждом конкретном случае в зависимости от составов нефти и минерализованной воды, уровня кислотности, сопутствующих газов, механизма коррозии на данном участке трубопровода, климатических условий и состава почв в районе его расположения и др.

Гель-скребки обладают рядом преимуществ и новыми техническими возможностями по сравнению с традиционными:

- могут проходить по трубам разного диаметра;
- не повреждаются при проходе через ограничения и внедрения;

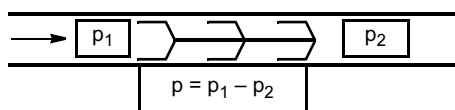


Рис. 1. Перепад давления, в результате которого происходит движение очистного поршня

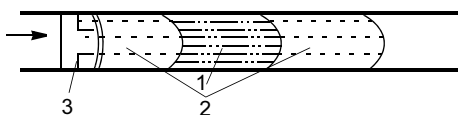


Рис. 2. Схема осушки полости трубопровода и нанесения антикоррозионного покрытия с использованием гелевых поршней: 1 — антикоррозионный раствор; 2 — гелевые поршни; 3 — механический поршень

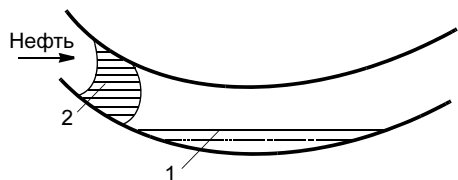


Рис. 3. Схема удаления воды 1 из полости трубопровода с использованием гелевого поршня 2

— обеспечивают хорошее гидравлическое уплотнение;

— повышают эффективность химической обработки;

— выносят обломки и мусор перед механическими скребками;

— их можно вводить в трубопровод без стандартных камер пуска.

Движение гелей в трубопроводе осуществляется за счет перепада давления в трубопроводе (рис. 1).

Схема нанесения химических покрытий приведена на рис. 2, где вслед за поршнем с осушающим гелем перемещается поршень с ингибитором коррозии и выталкивается следующим гелевым скребком. В состав геля можно ввести ингибитор коррозии и этим же гелевым скребком выталкивать воду (рис. 3).

Современные ингибиторы надежно действуют при применении защитного слоя толщиной не более 10 мкм, причем эта пленка легче наносится. Надежный жидкий ингибитор коррозии должен содержать водовытесняющий агент, удаляющий с поверхности влагу. После испарения растворителя остается так называемая самозатягивающаяся пленка, которая залечивает мелкие повреждения, нанесенные при транспортировке. Гели, применяемые для обработки внутренней поверхности труб, отличаются псевдопластичностью, вязкоупругостью, когезионностью, способностью к самовосстановлению формы и уменьшению напряжений сдвига.

При разработке составов структурообразователей учтены условия, отвечающие оптимальному сочетанию вязко-упругих, адгезионных и когезионных свойств, и определена возможность их регулирования.

Последовательные комбинации гелевых поршней, в том числе осушающего, могут обеспечить одновременное освобождение полости трубопровода от воды, осуществить соответствующую обработку и, как следствие, значительно сократить затраты времени и средств на проведение этих операций.

Антикоррозионное покрытие может быть эффективным инструментом профилактики обслуживания трубопроводной системы, обеспечивающей значительные экономические выгоды, так как позволяет избежать замены труб. Вместе с тем полимерные поршни не требуют специальных камер пуска и приема и могут быть введены в трубопровод через вантуз сечением 50—200 мм. На подготовку и переработку нефти полимерные гели никакого действия не оказывают, поскольку выводятся из трубопровода согласно техническому заданию.

Используемые химические реагенты являются продуктами многотоннажного российского производства.

Гелевые поршни прошли многочисленные испытания на нефтепроводе "Александровское — Андже-ро-Судженск".

С. В. КОСАРЕВСКИЙ, аспирант
ОАО "Ижорские заводы"

Метод контроля геометрических параметров крупногабаритных деталей с перебазированием на координатно-измерительной машине при помощи программного обеспечения Calypso

Иногда требуется выполнить на координатно-измерительной машине (КИМ) контроль параметров деталей, для измерения которых необходимо ощупывание поверхностей детали, недоступных при одном установе, или измерение габаритных размеров деталей, которые выходят за диапазон измерения КИМ. Для решения такой задачи необходимо каким-либо образом использовать геометрические параметры, полученные при одном установе (одна система координат) совместно с геометрическими параметрами, полученными при другом установе детали (т. е. перевести их в новую систему координат). Программное обеспечение Calypso в отличие от программного обеспечения для мультитеодоалитных координатно-измерительных систем¹ не содержит встроенной функциональности для обеспечения автоматического решения этой задачи. Рассмотрим два подхода, позволяющие это сделать.

Постановка задачи

Предположим, что имеется деталь с четырьмя отверстиями, цен-

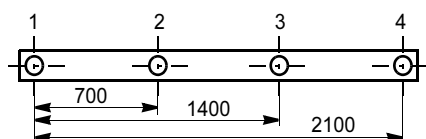


Рис. 1. Эскиз детали

¹ Например программное обеспечение XYZ фирмы Leica Geosystems AG.

тры которых расположены на одной прямой (рис. 1).

Необходимо измерить расстояние от центра первого отверстия до центра каждого из оставшихся трех отверстий, принимая во внимание, что диапазон измерения доступной КИМ вдоль самой длинной оси Y равен 1500 мм, в связи с этим измерить деталь за один установ невозможно.

Реализация метода без использования параметрического программирования измерений

Для решения поставленной задачи достаточно получить координаты центров всех отверстий в одной системе координат. Для выравнивания (alignment)² в качестве spatial rotation используется плоскость детали (соответствующая плоскости эскиза на рис. 1), в качестве начала координат — центр отверстия 2, а в качестве planar rotation — центр отверстия 3. Таким образом, система координат будет иметь вид, приведенный на рис. 2.

Ось X проходит через центры отверстий 2 и 3, ось Z перпендикулярна плоскости эскиза, ось Y перпендикулярна двум предыдущим осям.

² Здесь и далее термин "выравнивание", введенный в переводе руководства [1] на русский язык, эквивалентен общепринятому термину "базирование".

Саму же деталь расположим в рабочем объеме машины так, чтобы возможно было выполнить ощупывание отверстий 1—3. Это возможно, поскольку диапазон измерения вдоль оси Y составляет 1500 мм.

Таким образом, выполняем измерения первых трех отверстий в режиме ЧПУ. Для исключения измерения четвертого отверстия во время прогона ЧПУ достаточно выделить только элементы, относящиеся к первым трем окружностям (рис. 3, группы BaseAlignment и Position 1), и перед началом прогона указать режим измерения только выбранных элементов ("Current Selection"). Затем необходимо вручную выписать координаты измеренного центра отверстия 1.

Для выполнения перебазирования и измерения координат центра четвертого отверстия переместим деталь таким образом, чтобы в рабочем объеме машины были доступны для измерения отверстия 2—4. Запускаем прогон измерений в ручном режиме, на этот раз исключив из процесса измерения отверстия 1 (выделив только группы BaseAlignment и Position2). После ручного ощупывания отверстий 2 и 3 (использованных для выравнивания) измерение продолжается в режиме ЧПУ и выполняется ощупывание отверстия 4.

Ключевой идеей метода является то, что теперь центры всех четырех отверстий находятся в одной системе координат — в базис-

вом выравнивании (BaseAlignment). Трудностью является то, что при выполнении перебазирования ПО Calyso "уничтожил" измеренные значения координат центра отверстия 1, поэтому данные следует ввести повторно. Для этого необходимо создать теоретический элемент, тип которого соответствует типу элемен-

та, использовавшегося для определения центра отверстия 1. В данном случае это окружность (Circle1'). Окончательный вид элементов плана контроля приведен на рис. 3.

После выполнения вышеописанной процедуры можно создавать различные характеристики, требуемые чертежом — ПО Ca-

lyso будет их считать, как будто измерение всех отверстий было выполнено вместе.

При необходимости повторно измерения детали по созданному плану контроля следует точно так же вручную выписать результаты измерения центра первого отверстия и ввести их после выполнения перебазирования.

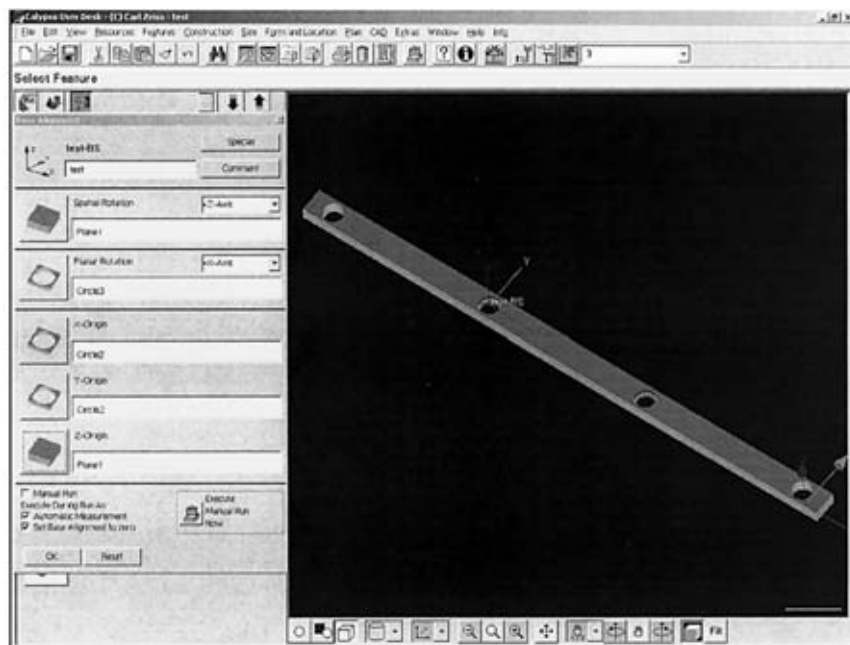


Рис. 2. Параметры базового выравнивания

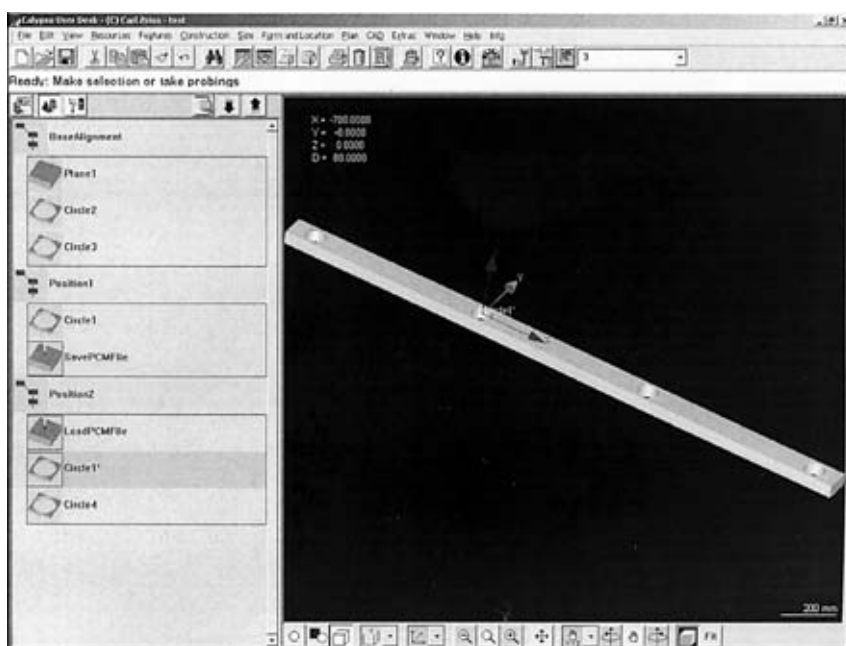


Рис. 3. Окончательный вид элементов плана контроля

Автоматизация метода с помощью функций параметрического программирования измерений

При большом числе параметров на чертеже, требующих для измерения данных, полученных при разных установках детали, описанный выше способ становится очень трудоемким. Наличие же ручного этапа обработки промежуточных результатов измерений может внести в процесс измерения ошибки, вызванные невнимательностью оператора. Поэтому следующим шагом будет полная автоматизация предлагаемого метода.

Добиться автоматической передачи результатов между установками детали возможно с помощью применения функций параметрического программирования измерений ПО Calyso³. Общая последовательность операций останется такой же, как и при ручном варианте, а вот роль электронного "блокнота" будет выполнять файл на диске, в который заносятся промежуточные результаты.

Для работы с файлами в языке программирования Calyso PCM имеются три функции:

- deleteFile(<имя файла>) — удаляет указанный файл с диска;
- addToFile(<имя файла>, <строка>) — добавляет строку к текстовому файлу на диске; если файл не существует, то создает его и записывает в него строку;

³ Пользователи версий Calyso не могут выполнять процедуру без функции PCM.

- readPCMFile(<имя файла>) — загружает текстовый файл с диска и использует его как PCM программу⁴.

Последовательность действий PCM программы следующая. При выполнении первого прогона измерений (определение координат центра первого отверстия) удалить временный файл, если тот уже существует, а затем пересоздать и сохранить в него результаты измерения; при выполнении второго прогона ЧПУ (определение координат центра отверстий 2—4) и вычисления результатов измерения — прочитать данные из этого файла.

Текст PCM программы для первого этапа выглядит следующим образом:

```
deleteFile("C:\TempFile.param")
PosXStr = "PositionX = "+format
(getActual("Circle1").x)
PosYStr = "PositionY = "+format
(getActual("Circle1").y)
addToFile("C:\TempFile.param",
PosXStr)
addToFile("C:\TempFile.param",
PosYStr)
```

Содержимое временного файла C:\TempFile.param после выполнения этой программы приведено на рис. 4.

Для второго этапа текст программы несколько проще и составляет всего одну строчку:

```
readPCMFile("C:\TempFile.param")
```

В свойствах теоретического элемента Circle1' (рис. 5) следует прописать использование значений переменных PositionX и PositionY соответственно в качестве параметров X и Y окружности Circle1'. После этого запись результатов в блокнот и их последующий ввод более не требует-

⁴ Знакомые с языками программирования C/C++ найдут некоторое сходство с include-файлами.

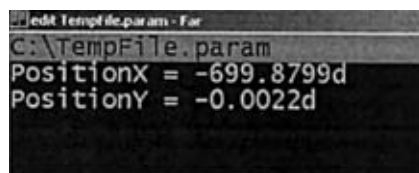


Рис. 4. Содержимое временного файла

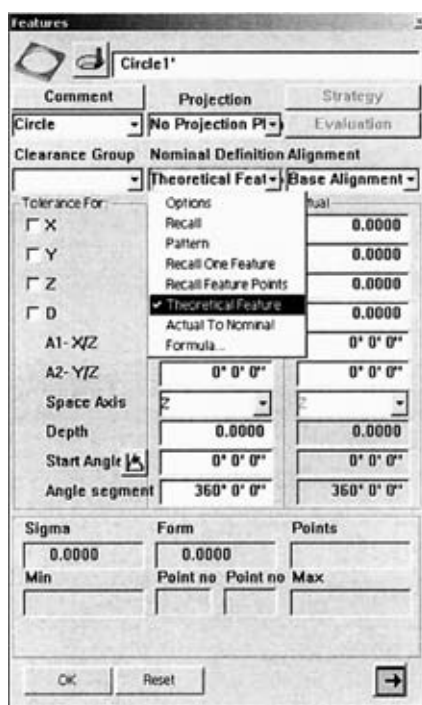


Рис. 5. Свойства теоретического элемента

ся — считывание будет выполняться автоматически.

Следует отметить, что вопрос теоретического расчета точности при многократном перебазировании деталей пока остается открытым. Эмпирический анализ точности метода выполняли путем сравнения (используя деталь небольшого размера, максимальная измеряемая длина на которой составляла 100 мм) результатов измерения с однократным перебазированием с результатами измерения без перебазирования. Расхождение результатов измерений по абсолютной величине находилось в пределах 0,01 мм. Точность измерений на коорди-

нато-измерительных машинах определяли расчетным путем⁵.

ВЫВОДЫ

Используя предлагаемый подход, можно легко сохранять в файл любое число параметров и передавать их между измерениями. Кроме того, число установов детали не ограничено двумя, оно может быть таким, какое требуется для осуществления полного выполнения поставленной задачи измерения. Сохраненные в файл координаты находятся в системе отсчета базового выравнивания и могут быть загружены в любой момент после того, как базовое выравнивание было повторно измерено в результате перестановки детали.

С помощью данного метода выполнили измерение радиуса детали, величина которого не позволяла полностью разместить деталь на координатно-измерительной машине, а также измерение позиционных отклонений расположения отверстий на детали. Его невозможно было бы выполнить на имевшейся координатно-измерительной машине без применения предлагаемого метода.

Область применения метода не ограничивается контролем только тех деталей, которые выходят за габариты диапазона измерений координатно-измерительной машины. Метод незаменим при измерении больших деталей, которые хотя и помещаются в рабочем объеме КИМ, но для измерения параметров требуют ощупывания различных поверхностей детали, доступ к которым при одном установе невозможен.

⁵ Косаревский С. В., Лудыков В. В. О проблеме точности измерений на координатно-измерительных машинах // Инструмент и технологии. 2007. № 26—27. С. 93—95.

А. Н. ГОЛОВАШ, канд. техн. наук, С. А. СЛИНКИН, инж.
(НИИТКД, Омск),

С. Н. ДОЛЖИКОВ, канд. техн. наук, В. Г. ШАХОВ, канд. техн. наук
(ОмГУПС)

Оценка геометрических параметров колесных пар железнодорожных вагонов

Железные дороги занимают ведущее место в транспортно-системе России. Большая работа проделана и ведется по созданию вагонов новых типов. Разработаны новые типы тележек, букс, автосцепок, приводов генератора, компактные потолочные кондиционеры, экологически чистое санитарно-техническое оборудование, повышающие качество вагонов.

Современная система технического обслуживания вагонов невозможна без проведения качественного и своевременного контроля ее параметров в процессе эксплуатации [1]. Для проведения операций контроля используется множество различных средств измерений.

Основным движущимся элементом вагонов железнодорожного транспорта являются колесные пары, представляющие собой собственно колеса, жестко напрессованные на ось.

На рис. 1 приведены номинальные размеры, допуски, конусности и базовые области колесных пар, относительно которых должны проводиться измерения.

Несмотря на кажущуюся простоту геометрии колесной пары, в нормируемые метрологические величины включено большое количество размеров, что видно из чертежа (ГОСТ 9036—88, 4835—80, 11018—2000). Главной особенностью измерений является то, что неверно заданы базовые поверхности, относительно которых должны производиться измерения. Кроме того, большую роль играет профиль поверхности катания колеса, в том числе конусность и ширина гребня, препятствующего сходу колеса с рельса.

Профиль поверхности катания колес во многом определяет качество колесной пары и потери на

трение, а также влияет на безопасность движения. Кроме того, дефекты контактной пары колесо—рельс в значительной степени влияют на энергетические затраты поездов, следовательно, на экономику железнодорожных перевозок.

Рассмотрим некоторые типы дефектов колесной пары, влияющие на погрешности при измерениях [2]. Один из них — перекося колес относительно оси вращения колесной пары двух типов: с встречным и односторонним перекосям (рис. 2).

Функцию измерительной базы выполняют одновременно две внутренние плоские грани ободьев колес. Поэтому база является скрытой, ее роль выполняет их плоскость симметрии, которая определяет начало координат в точке пересечения с общей осью для системы координат колесной пары.

Внутренние грани являются материальными носителями скрытой базы, или являются базами, от которых отсчитываются линейные координаты. Функции баз отсчета и измерительных баз определяют высокие требования как к точности формы (отклонение от плоскостности), так и точности их углового расположения относительно общей оси (отклонение от перпендикулярности).

Поскольку допуски плоскостности TFP и перпендикулярности TPE граней отдельно не нормируются, то они должны ограничиваться допусками TL размера расстояния L как при встречном, так и одностороннем перекося колес относительно общей оси колесной пары.

Таким образом, расстояние между внутренними гранями колес реальной колесной пары — это наи-

меньшее $L_{\min}$ и наибольшее $L_{\max}$ значения расстояния между плоскостями, перпендикулярными общей оси колесной пары и касательными самым выступающим точкам реальных поверхностей граней вне материала колес $L_{\min}$ и самым глубоким впадинам реальных поверхностей граней из материала колес $L_{\max}$.

Среди других нарушений геометрии колесных пар можно отметить следующие.

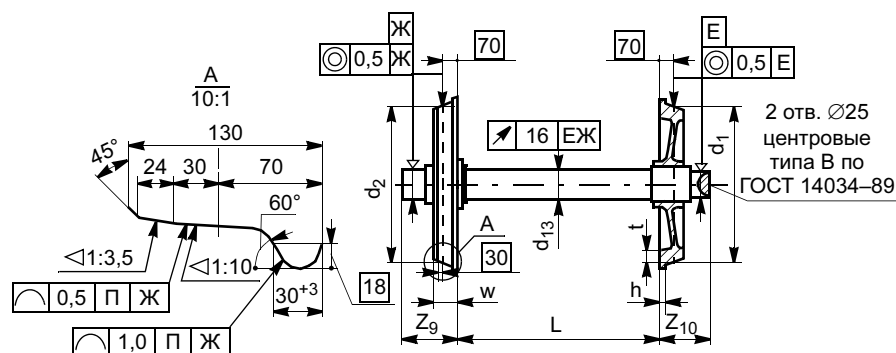


Рис. 1. Колесная пара (геометрические размеры)

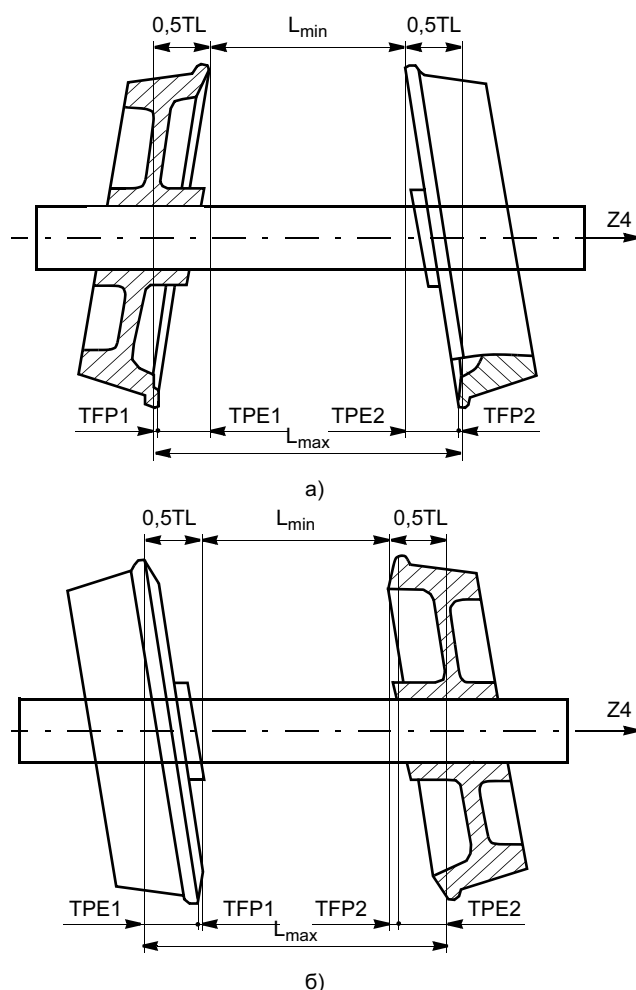


Рис. 2. Встречный (а) и односторонний (б) перекос колеса

1. Разность диаметров колес. Появляется при неправильной комплектации колесных пар, когда технологические допуски колес проявляются с разными знаками.

2. Овальность круга катания колеса. Появляется при несоблюдении технологии обработки ободьев колес, которые обрабатываются независимо друг от друга, а также от несовершенства технологий и инструментов контроля.

3. Несовпадение осей вращения колес. Появляется при несоответствиях центровочных отверстий оси колесной пары в двух ее торцах.

4. Прочие дефекты кругов катания (выщерблины на поверхностях катания, дефекты профилей вследствие нарушений технологий обработки, износы гребней).

5. Дефекты буксовых подшипников, в том числе геометрические, а также дефекты смазки (это предмет особого исследования, не входящего в рамки рассматриваемой проблемы).

При следовании поезда возникает множество частных задач, среди которых, кроме приведенных проблем, появляются дополнительные ограничения:

— особенности пути следования и графика движения. Как известно, локомотивным бригадам перед поездкой выдают инструкции по соблюдению ограничений по скорости и вообще графиков движения. На этот график накладывается поездная ситуация и состояние светофоров. Бригады пытаются восстановить график движения путем маневрирования скоростью, но результаты маневрирования зависят от опыта машинистов и знания ими участка движения. При этом не учитываются особенности поезда, так как в противном случае задача становится принципиально неразрешимой;

— особенности самого поезда и способа его формирования. Вагоны в поезде могут быть разного типа, что влияет на динамику ведения. Например, наличие в поезде вагонов, наполненных жидкостью, серьезно меняет динамику вследствие колебаний жидкостей в вагонах. При торможениях вследствие зазоров в автосцепных устройствах появляется дополнительная составляющая (осадка), существенно влияющая на поведение поезда в целом;

— состояние пути, включая его геометрию и отклонения.

В результате, кроме факторов, определяющих геометрию колесных пар, появляется множество дополнительных факторов и величин, которые трудно учесть на практике, но в совокупности они могут значительно влиять на конечный результат. Результат в основном сводится к особенностям динамики движения вагона в виде дополнительных сил, действующих на колесные пары. Главная особенность этих сил — жесткая зависимость от скорости движения, т. е. скорости вращения оси колесной пары.

Примем в качестве базовой модели прямолинейное равномерное движение поезда по идеальному пути. Под идеальным понимается путь, в котором рельсовое полотно представлено в виде двух горизонтальных прямых со строго определенной шириной колеи (расстоянием между рельсами, равным 1520 мм). На такой модели основные свойства динамики движения колесных пар определяются целиком их геометрическими характеристиками. Если колесная пара идеальна, то дополнительные силы не возникают. В противном случае появляются по крайней мере три основных составляющих сил, рассматриваемых в виде функций времени:

— вертикальная составляющая $F_B(t)$, действующая как ударное усилие, влияющее на буксовые подшипники и пружинные элементы в тележке вагона;

— горизонтальная составляющая $F_T(t)$, в зависимости от знака действующая в направлении движения или против него;

— осовая составляющая $F_O(t)$, направленная перпендикулярно вектору движения и действующая как на подшипники, так и непосредственно на рабочие поверхности колес.

В качестве очевидных предположений о влиянии приведенных дефектов можно сформулировать сле-

дующее. Динамическая функция силы зависит от совокупности дефектов колесных пар, связанных со всеми некорректными процедурами контроля, ремонта, сборки и текущей эксплуатации подвижных единиц.

Введенные функции могут участвовать в вычислении результирующей составляющей $F_p(t)$ из соотношения

$$F_p(t) = \sqrt{F_B^2(t) + F_O^2(t) + F_P^2(t)}. \quad (1)$$

Таким образом, из выражения (1) можно сделать следующие выводы.

1. Динамические составляющие воздействий зависят от скорости движения (т. е. угловой скорости вращения оси колесной пары). Поэтому целесообразно нормировать (приводить) выражение (1) к скорости вращения колесной пары.

2. Существует базовая оценка подвижной единицы в виде нагрузки на ось, выражаемой в тоннах и изменяющейся в широких пределах, особенно для грузовых вагонов. В пассажирских перевозках масса вагона в порожнем и загруженном состоянии изменяется незначительно, что упрощает анализ.

3. Считаем, что представляемая динамическая модель линейна, т. е. может описываться системой линейных дифференциальных уравнений произвольного порядка с постоянными коэффициентами вида

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{a_0 d^s x(t)}{dt^s} + \frac{a_1 d^{s-1} x(t)}{dt^{s-1}} + \dots + a_s x(t) + a_{s+1}. \quad (2)$$

То же выражение можно описать в рамках преобразования Лапласа, преобразуя его в алгебраическое уравнение с постоянными коэффициентами. Как известно [3], решение однородного дифференциального уравнения обычно представляют в виде показательных или тригонометрических функций. В данном случае целесообразно приводить решение в тригонометрической форме, поскольку появляется возможность проводить исследования в частотной области.

Можно предварительный результат решения уравнения (1) качественно интерпретировать таким образом, что большинство дефектов колесной пары сосредоточено на основной частоте и кратных ей частотах (за исключением дефектов буксовых подшипников, в основном расположенных на более высоких, но коррелированных со скоростью вращения частотах), а соотношение трех составляющих может дать дополнительную информацию о виде дефекта.

Дополнительные исследования необходимо проводить при изменении профиля пути и динамики изменения тяги локомотива и движения поезда. Профиль пути описывается в трехмерных координатах, т. е. имеет шесть степеней свободы, сводящихся на практике к следующим оценкам:

— профиль пути, в основном характеризующий отклонение от горизонтали (подъем или спуск);

— повороты, оценивающиеся радиусом закругления;

— уклоны в направлении, перпендикулярном оси движения (делаются специально на участках поворотов с целью предотвращения опрокидывания вагонов).

Кроме этих присутствуют мелкомасштабные составляющие, в частности, связанные с неидеальностью пути, связанной с ошибками при ремонте и дефектами подстилающей части, а также существующими стыками между рельсами. Например, если в подушке рельсового полотна возникают пустоты под шпалами, они с течением времени под действием проходящих поездов увеличиваются, что приводит к серьезным динамическим воздействиям как на путь, так и на колесные пары.

Можно формализовать проблему исследования влияния дефектов колесных пар на динамику их работы следующим образом. Введем вектор коэффициента влияния l -го дефекта, обозначив его через Θ_l . Вектор в свою очередь раскладывается на три составляющих: Θ_{lv} , Θ_{lr} и Θ_{lo} . Исходя из принципа Даламбера [3], можно считать, что для линейной системы, какой является колесная пара, результирующие составляющие усилий в трех независимых направлениях вычисляются как среднеквадратические:

$$\Theta_{pv} = \sqrt{(\sum_l \Theta_{lv})}; \quad (3)$$

$$\Theta_{pr} = \sqrt{(\sum_l \Theta_{lr})}; \quad (4)$$

$$\Theta_{po} = \sqrt{(\sum_l \Theta_{lo})}. \quad (5)$$

Если предположить, что существуют разные степени влияния дефектов на конечный результат, можно подкоренные составляющие нормировать относительно наибольшей составляющей. Предположим, горизонтальная составляющая из выражения (4) максимальна с индексом J . Тогда нормирование заключается в делении всех членов суммы на эту величину:

$$\theta_{lr} = \Theta_{lr} / \Theta_{Jr}. \quad (6)$$

Полученные относительные величины можно проанжировать в порядке убывания, после чего выделить значимые величины по всем трем координатам.

Процедура исследования в обобщенной форме может быть сформулирована в следующем виде. Введем в рассмотрение целевую функцию эффективности $\Psi(\alpha, \beta, \gamma, \dots)$ такую, которая может характеризовать зависимость качества контроля и ремонта от выбранных способов оценки α, β, γ и т. д. Формально обобщенная задача может быть сформулирована в виде

$$R = \text{Sup} \Psi(\alpha, \beta, \gamma, \dots); \quad (7)$$

$$\alpha \in A; \beta \in B; \gamma \in \Gamma.$$

Здесь $\in$ — символ принадлежности; A, B, Γ — области существования контролируемых параметров.

Задачи типа (7) имеют многомерный характер, а сам функционал Ψ может интерпретироваться различными способами. В обобщенной форме их решение проблематично и часто не имеет практического смысла. Упростим постановку задачи следующим образом. Выберем конкретные частные случаи по следующим факторам.

1. Выбор количества и номенклатуры контролируемых величин. Перечень должен включать минимум таких величин, удовлетворяющий сформулированной конечной цели (функционалу минимизации). Приведем некоторые из возможных целевых функций.

1.1. Минимум расхода энергии при условии выполнения требуемых характеристик. Для железнодорожного транспорта граничные условия могут быть сформулированы в виде требования соблюдения графика движения, развиваемой мощности тяги, скорости движения и др.

1.2. Максимум эксплуатационной надежности, выражаемой во времени эксплуатации (при выполнении граничных условий по п. 1.1.).

1.3. Минимум непроизводительных простоев подвижного состава. Эта задача включает дополнительную организационно-составляющую и наиболее сложна для аналитического описания. В частности, при минимизации по этому критерию приходится учитывать время простоя подвижных единиц при ремонте, сортировке поездов, других методов контроля текущего состояния.

При технической реализации системы желательно учитывать взаимные зависимости физических параметров с целью исключения наименее значимых (информативных). Формализация задачи сводится к следующим действиям. Предположим, проведен факторный анализ влияния всех возможных дефектов относительно целевой функции (7). Проведем ранжирование этих факторов по одному из перечисленных критериев в порядке убывания их значимости. Если обозначить эти факторы через Z_1 , можно получить ряд вида

$$Z_1 \geq Z_2 \geq Z_3 \geq \dots \quad (8)$$

Добавим к ряду (8) вероятности появления факторов Z_1 , обозначив их через P_1 . Ряд ранжируется по тому же принципу убывания, но приобретает вид

$$P_1 Z_1 \geq P_2 Z_2 \geq P_3 Z_3 \geq \dots \quad (9)$$

Это более объективная оценка, которая связана с необходимостью определения статистик появления дефектов.

Введем еще одну характеристику, которую можно назвать степенью риска — математическое ожидание факторов влияния дефектов

$$R = \sum P_1 Z_1. \quad (10)$$

Тогда обобщенная задача типа (3) сводится к практической формуле вида

$$R \rightarrow \min; \quad (11)$$

$$\alpha \in A; \beta \in B; \gamma \in G.$$

Выражение (11) может иметь большое количество практических приложений. Приведем некоторые из возможных вариантов.

1. Предложить и проверить на практике совокупность мероприятий по улучшению качества ремонта и контроля колесных пар, минимизирующих степень риска R .

2. Предусмотреть модернизацию технологий контроля и ремонта колесных пар по тому же критерию.

3. Разработать систему контрольно-измерительных приборов и оборудования, обеспечивающих минимизацию R .

4. Предложить и обосновать время контроля и ремонта колесных пар по тому же критерию.

Один из возможных вариантов реализации пункта 3 — разработанный в Центре "Транспорт" (Омск) стенд входного и выходного контроля колесных пар [1]. Стенд работает следующим образом: колесную пару в сборе устанавливают на специально изготовленный постамент, гидравликой нагружают до условий, соответствующих реальной ее работе, после чего колеса приводятся во вращение специальным приводом, а качество проверяется специальным комплексом вибродиагностики. Стенд внедрен в нескольких депо с положительным эффектом.

Вторая задача — разработка комплекса контрольно-измерительного оборудования линейных и угловых размеров колесных пар. Комплекс основан на знании ряда влияющих величин в соответствии с выражениями (7)—(11) и на основании критериев обеспечения безопасности железнодорожных перевозок.

Предложенные авторами алгоритмы и методики исследования могут быть использованы в качестве объективных оценок качества и сравнения различных технологий и правил ремонта при эксплуатации железнодорожного подвижного состава.

ВЫВОД

Количество эксплуатируемых железнодорожных вагонов в России превышает миллион единиц, а если учесть, что в вагоне минимум четыре колесных пары, поставленные задачи повышения их надежности имеют огромное государственное значение. При этом важны все составляющие эффективности и безопасности, поскольку в рамках государства могут дать существенный эффект.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Техническая диагностика и надежность железнодорожной техники* / Под ред. А. Н. Головаха. М.: Спутник плюс, 2006. 197 с.
2. *Глухов В. И. Методика технических измерений в машиностроении: Учебное пособие для вузов*. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. 248 с.
3. *Теория автоматического управления* / Под ред. А. С. Солодовникова. М.: Машиностроение, 1966. 618 с.

В. М. ЧЕРТОВ, инж.
Филиал ДониФЦ

Возможность замены бронзы в приборостроении

Ленты из бронзы широко применяют в качестве материала для пружинных контактов и деталей. Бериллиевая бронза БрБ2 в силу своих особенностей, в большинстве случаев являющихся ее преимуществами по сравнению с другими сплавами меди, часто является основным, если не единственным, материалом, который применяют в приборостроении и конструкторы, и технологи. Другие, менее дорогие, марки бронзы также обладают рядом важных для приборостроения характеристик. Однако применение тонкой или нетехнологичной ленты создает ряд трудностей при изготовлении пружинных контактов и пружинных деталей сложной формы.

Бериллиевая бронза

Лента из бронзы БрБ2 (содержание бериллия около 2 %) поставляется в закаленном состоянии, что соответствует пониженной до 400 МПа прочности и повышенной пластичности (удлинение при испытании на разрыв достигает 40 %). После резки или холодной вырубке (штамповки) контура изделия его подвергают так называемому облагораживанию — нагреву до 280—300 °С, в результате которого прочность сплава возрастает до 1200 МПа, а удлинение снижается до 4—6 % (иногда достигая 2 %). Таков результат выделения интерметаллидов Cu—Be из гомогенного твердого раствора, получающегося при быстрой закалке ленты [1]. Таким кардинальным изменением механических свойств не обладает подавляющее большинство различных сплавов, применяемых в технике, в том числе в приборостроении. Благодаря этому свойству пружинные контакты из бериллиевой бронзы являются одними из самых надежных. К достоинствам этого материала относятся и низкое электрическое, а также переходное сопротивление и высокая коррозионная стойкость. Технологии нанесения специальных покрытий на изделия из бериллиевой бронзы (например палладиевых, вследствие чего существенно растет износостойкость контактов) или сплавов серебра (что снижает переходное сопротивление) хорошо освоены [2, 3]. К существенным недостаткам бериллиевой бронзы БрБ2 и менее легированных бериллием марок типа БрБНТ (дополнительное легирование никелем и титаном) относятся высокие стоимость и вредность при контакте с бериллием.

Следует отметить еще две особенности тонкой ленты из бериллиевой бронзы. Одна из них — это плохая штампуемость в состоянии поставки (закалки) при низкой прочности и чрезмерной пластичности.

Кромки детали при вырубке или штамповке утягиваются вместо того, чтобы сколоться и приобрести четкий контур. Лента толщиной менее 0,3 мм при этом часто рвется. Второе свойство проявляется при облагораживании пружинных деталей сложной формы в фиксирующем приспособлении: значительные объемные изменения и технологические напряжения приводят к недопустимой деформации изделий при разъеме приспособления. По данным автора, жесткая конструкция контактной пружины и увеличение толщины ленты до 0,8—1,0 мм позволяют избежать этого дефекта и даже обойтись без фиксации при облагораживании, но применение этого приема не всегда возможно.

Проблемы изготовления пружинных контактов из тонкой ленты БрБ2 так просто не решаются. Существенное дополнение к технологии было внесено в свое время сотрудниками кафедры металловедения МГТУ им. Н. Э. Баумана (профессором А. Г. Рахштадтом и одним из его аспирантов). Данное дополнение заключалось в проведении предварительного неполного облагораживания тонкой ленты, разрезанной на заготовки. Неполное облагораживание производится путем нагрева заготовок в обычной электрической цеховой или даже лабораторной печи при температуре порядка 200 °С. Одного часа достаточно для того, чтобы в ленте началось образование мельчайших частиц интерметаллида. При этом несколько возрастает прочность и снижается пластичность ленты, а ее поверхность приобретает золотистый цвет. Существенно улучшается штампуемость ленты и практически исчезает деформация после облагораживания в фиксированном состоянии. Это происходит вследствие существенного снижения объемного эффекта: часть бериллия уже израсходована на образование интерметаллида.

Другим применением ленты из бронзы БрБ2 является изготовление уголковых ограничителей перемещения в ряде приборов. Такие уголки легко штампуются из ленты толщиной 1 мм. Однако к ограничителям предъявлялось требование отгиба от перемещения подвижных частей прибора при определенном усилии. Усилие отгиба определялось конструкцией детали и прочностью материала, зависящей от его структуры. Первые эксперименты на небольшой партии изделий по облагораживанию при пониженной до 250 °С температуре подтвердили наличие прямой зависимости усилия отгиба от твердости. Однако более тщательное изучение последствий применения такой технологии на ряде

плавок-партий обнаружило либо весьма большой разброс значений усилий при одинаковой твердости, либо получение их на одном уровне при разной твердости. Нестабильная структура, образующаяся при пониженной температуре облагораживания и неполном превращении, стала причиной отказов при работе приборов. В этом случае было принято нетривиальное решение: вместо бериллиевой бронзы с нестабильными структурой и усилием следует изготавливать держатели из полунагартованной коррозионно-стойкой стали 12Х18Н9 со стабильными структурой и усилием отгиба. В этом случае проведение термической обработки не требуется, но во избежание появления трещин при гибке радиус перехода следует увеличить с 0,5 до 1,0 мм. Переходное сопротивление коррозионно-стойкой стали несколько больше, чем бронзы, но вполне приемлемо для ряда конструкций. Тем более, что пассивировать коррозионно-стойкую ленту не нужно: приборы обычно хранят в приемлемых условиях [4]. Такая замена исключила отказы в работе приборов. Кроме того, применение коррозионно-стойкой стали вместо бериллиевой бронзы удешевило продукцию.

Еще одним примером решения технологических неполадок является изготовление тонких контактов толщиной 0,13 мм из бронзовой ленты БрБ2. Контакты (4 шт. на изделие) после традиционного облагораживания припаивали к основе и поджимали к контактному кольцу для обеспечения надежного касания. При подгибке часть контактов ломалась и приходилось менять их при помощи пайки. Это существенно затрудняло производство. Подбор материала-заменителя проводили исходя из требований повышенной пластичности и сохранения переходного сопротивления на приемлемом уровне. При этом режим термической обработки, если требовалось ее проведение, должен был сохранять пластичность на достаточном уровне. Тонкая лента из полунагартованной коррозионно-стойкой стальной ленты 09Х15Н9Т-ПН отвечала таким требованиям. Материал контактов был заменен на данную стальную ленту. Пайка с применением активного припоя была заменена конденсаторной сваркой в двух точках.

Оловянно-фосфористая бронза

В приборостроении широко применяют оловянно-фосфористую ленту из бронзы БрОФ-6,5-0,15 [1]. Из этой ленты изготавливали вакуумированные паяные пружинные коробки барометров. Откачивание воздуха из коробки придает ей свойства пружины, изменяющей толщину при изменении атмосферного давления. Соединение с рычагом позволяет вывести это изменение на шкалу барометра. При небольшом объеме выпуска половинки коробок штамповали из коротких отрезков ленты поперечно-продольной прокатки длиной порядка 1 м. Оригинальное решение

повышения пластичности ленты в поперечном направлении заключалось в попеременной прокатке заготовок то в продольном, то поперечном направлениях в определенном ритме. Такая лента отличалась от обычной ленты продольной прокатки близкими значениями пластичности ("поперечная" пластичность составляла не менее 80 % от "продольной"), такой результат никогда не достигался при применении только продольной прокатки. Этот эффект обусловил отсутствие трещин при штамповке круглых половинок коробки барометра, имеющих сплошные кольцевые зиги (выступы). Со временем потребность в барометрах и их выпуск резко возросли. Между тем простая ручная операция поперечно-продольной прокатки — утомительная, однообразная и грязная (заготовки и руки постоянно в смазке) — оказалась низкооплачиваемой, а число кадровых рабочих, освоивших эту операцию, резко сократилось. Поставщик ленты — завод "Красный выборжец" (С.-Петербург) — начал поставлять только ленту продольной прокатки. На заводах-изготовителях барометров резко возрос брак заготовок по штамповочным трещинам вдоль волокна. Технологическое решение было то же, что и в предыдущем случае — переход на полунагартованную ленту из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н9. Вместо пайки с применением активного кислотного флюса была разработана и изготовлена полуавтоматическая линия сборки коробок барометра лазерной сваркой, брак по трещинам при штамповке полностью устранен: "поперечная" пластичность более дешевой ленты из коррозионно-стойкой стали, даже изготовленной путем продольной прокатки, существенно превышает таковую для оловянно-фосфористой бронзы.

ВЫВОДЫ

1. Значительные технологические преимущества ленты из бериллиевой бронзы не проявляются при переходе на изготовление изделий из ленты толщиной менее 0,3 мм.
2. Существенно облегчает изготовление изделий из тонкой ленты из бронзы БрБ2 ее предварительное частичное облагораживание.
3. Коррозионно-стойкая полунагартованная сталь в ряде случаев может быть заменителем бронз БрБ2 и БрОФ 6,5-0,15.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005. С. 293—296, 301—304.
2. Ковенский И. М., Поветкин В. А. Металловедение покрытий. М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. С. 293—294.
3. Гамбург Ю. Д. Гальванические покрытия: Справочник. М.: Техносфера, 2006. С. 116.
4. Чертов В. М. Контактные пружинные детали из нержавеющей ленты // Передовой производственно-технический опыт (машиноведение и детали машин). Сер. Т4. М.: ВИМИ, 1989. С. 8—9.

Ф. А. ХРОМЧЕНКО, д-р техн. наук
ОАО "ВТИ"

Сварочные технологии ремонта элементов трубопроводных систем теплоэнергетики

Ч. 2. Ремонт сварных соединений трубопроводов II—IV категорий¹

Сварные соединения трубопроводов II—IV категорий, эксплуатируемые при температуре рабочей среды $t \leq 450$ °С и давлении $p < 8,0$ МПа, подвержены повреждаемости вследствие усталости, коррозии и графитизации, а также низкого качества сварных швов. Ремонт сварных соединений выполняется путем замены разрушившихся сварных элементов или нанесения ремонтных заварок в местах повреждений.

Ремонту не подлежат сварные соединения (в отдельных случаях целиком трубопровод) при следующих условиях:

- недопустимом утонении стенки труб вследствие коррозии (эрозии) в случаях, когда не выполняется условие прочности $(S_f)_{\min} < [S] = S_R + C_2$;
- высокой графитизации микроструктуры металла, оцениваемой баллом 4 по шкале ОСТ 34-70-690—96; при повреждении (балл 2—3) возможно проведение восстановительной термической обработки [2, 3].

В остальных случаях сварные соединения, если их повреждение носит локальный характер, могут быть отремонтированы с помощью сварки.

Основные положения ремонта сварных соединений трубопроводов II—IV категорий:

- выполнение основных требований сварочной технологии ремонта [1];
- применение сварочных электродов типа Э42, Э42А, Э46, Э50А и Э-9Х1М с подогревом при сварке, наплавке и высоком отпуске после сварки в зависимости от толщины стенки и материала трубопровода (табл. 1). Токовые режимы при сварке электродами диаметром 2,5, 3 и 4 мм составляют соответственно 75—90, 90—110 и 120—160 А;
- удаление поврежденного металла (и недопустимых дефектов) любым способом: с помощью абразивного инструмента, газовой резкой, воздушно-дуговой строжкой, плазменной дугой, ударным инструментом;

- выполнение выборок (углублений) в виде сквозной V-образной (или U-образной) формы разделки с углом раскрытия 30—60° и достижение ровной поверхности с прилегающими участками металла шириной 20—30 мм, очищенной до металлического блеска;
- нанесение при необходимости усиливающих наплавов (или приварка бандажей) для укрепления поврежденных (дефектных) сварных соединений;
- оценка качества отремонтированных сварных соединений неразрушающими методами контроля (ВК, УЗК, МПД, ЦД, РГК и/или другими) согласно нормативным требованиям.

Конкретные сварочные технологии ремонта назначаются в зависимости от типа и особенностей повреждения (дефектности) сварных соединений (табл. 2, рис. 1).

Ниже приведены способы ремонта поврежденных сварных соединений трубопроводов.

Таблица 1

Тип сварного соединения	Сталь	Тип наплавляемого металла	Подогрев при сварке		Режим высокого отпуска после сварки
			S, мм	t, °С	
ССС, ТСС	12Х1МФ	09Х1М	>10	200—250	720—750 °С, 1 ч ^{*1}
	15ХМ		>10	100—150	700—730 °С, 1 ч ^{*2}
Все типы	20, 20Л	Э50А	>30	100—150	560—590 °С, 1 ч (S > 30 мм)
	17ГС, 17Г1С, 09Г2С		≥10	100—150	Без высокого отпуска
	Ст2—Ст4	Э42, Э42А, Э46	≤20	Без подогрева ^{*3}	То же
^{*1} , ^{*2} Выдержка при отпуске 3 и 2 ч соответственно для S ≥ 20 мм. ^{*3} Температура подогрева t = 100÷150 °С для S > 20 мм.					
Обозначения: СССР — стыковое сварное соединение труб равной толщины; ТСС — тройниковое сварное соединение.					
Примечание. При низкой температуре окружающего воздуха (до –20 °С) сварку проводят с подогревом ремонтируемой сварной детали при температуре, выше указанной на 100—150 °С.					

¹ Хромченко Ф. А. Сварочные технологии ремонта элементов трубопроводных систем теплоэнергетики. Ч. 1. Ремонт элементов трубопроводов I категории — см. "Технология машиностроения". 2008. № 4. С. 49—60.

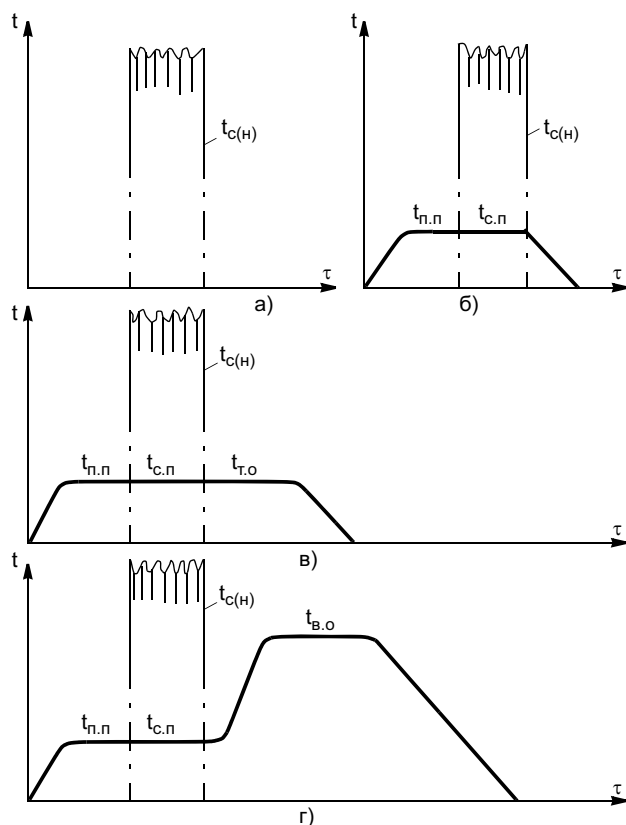


Рис. 1. Последовательность выполнения технологических операций при ремонте сварных соединений трубопроводов II—IV категорий из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей: а — сварка (наплавка) без подогрева и высокого отпуска; б — сварка (наплавка) с подогревом, но без высокого отпуска; в — сварка (наплавка) с подогревом и последующим термическим отпуском; г — сварка (наплавка) с подогревом и последующим высоким отпуском

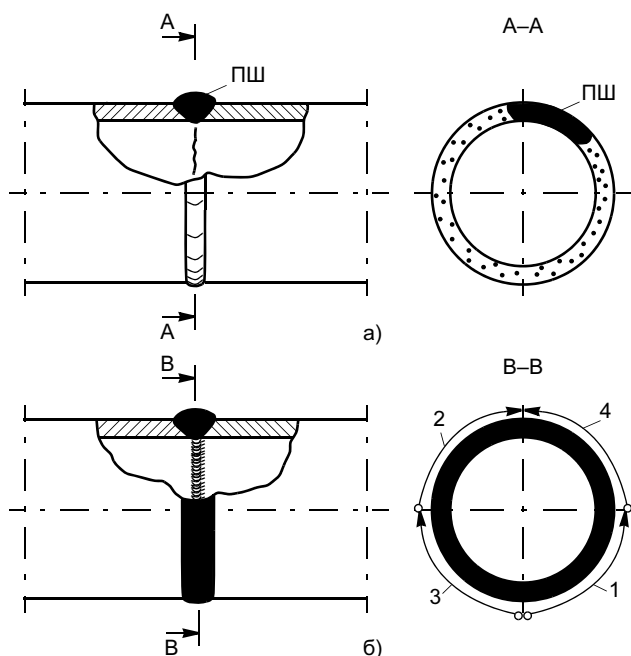


Рис. 2. Ремонт CCC: а — выполнение местного подварочного шва (ПШ); б — переварка всех участков (1—4) кольцевого шва

Ремонт путем выполнения местной подварки в стыковом шве. Подварочный шов с наружной поверхности сварного соединения выполняют в подготовленную сквозную выборку многослойным способом (рис. 2, а и 3).

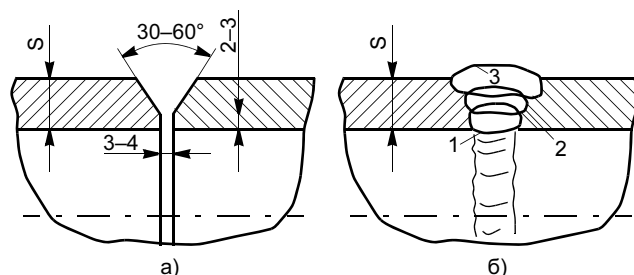


Рис. 3. Рекомендуемое выполнение подварочного шва в сквозную местную выборку соединения (поперечное сечение): а — форма и размеры выборки после удаления поврежденного металла; б — очередность многослойного заполнения выборки расплавленным металлом при сварке

Таблица 2

Тип сварного соединения	Способ ремонта	Рис.
CCC	Местная подварка стыкового соединения	2, а, 3
	Переварка сварного шва участками (по периметру стыка)	2, б, 3
	Нанесение усиливающей наплавки на наружную поверхность сварного соединения	4, а
	Бандажирование сварного соединения	4, б
	Местная подварка с внутренней стороны (с приваркой заплаты к окну трубы)	5
	Приварка глухого штуцера в зоне повреждения сварного стыка	6
CCC _{ртз}	Нанесение усиливающей кольцевой наплавки на сварное соединение Местная подварка сварного шва	7 2, а, 3
ТСС и врезки (труба в трубу)	Нанесение усиливающей наплавки воротникового типа на сварное соединение	8, а
	Бандажирование штуцера на участке примыкания к угловому шву	8, б
	Укрепление трубы воротником на участке примыкания к угловому шву	8, в
	Местная подварка углового шва	2, а ^{*1}
Секторные отводы	Местная подварка кольцевого шва	2, а, 3 ^{*2}
	Переварка кольцевого шва по участкам периметра стыка	2, б, 3 ^{*2}
Лепестковый переход	Переварка продольных швов перехода и кольцевого шва, соединяющего переход с трубой меньшего диаметра	9, 3, 2, б
ШСК	Местная подварка кольцевого шва	3 ^{*2}
^{*1} Раскрытие кромок разделки составляет 40—50° с учетом расположения осей трубных элементов (штуцера и трубы) под углом 90°. Подварочный шов выполняется в четыре-шесть валиков. ^{*2} Раскрытие кромок разделки составляет 60—90° с учетом расположения трубных элементов под углом друг к другу.		
Обозначения: CCC _{ртз} — стыковое сварное соединение разнотолщинных трубных элементов; ШСК — штампованное сварное колено.		

Ремонт путем переварки кольцевого шва стыкового соединения. Поврежденный (дефектный) шов переваривают участками по периметру стыка (рис. 2, б). Ремонт каждого участка включает удаление дефектного металла до получения сквозной выборки и последующее многослойное заполнение (не менее двух слоев) выборки до получения подварочного шва требуемой формы. Затем аналогичные технологические операции выполняют на следующем участке ремонтируемого шва (см. рис. 2, б).

Укрепление дефектного стыкового соединения усиливающей (кольцевой) наплавкой. Такой способ ремонта применяют при отсутствии возможности переварки кольцевого шва. Усиливающую наплавку наносят кольцевыми валиками шириной 15—20 мм и высотой 5—8 мм. Высота усиливающей наплавки $S_{y,n}$ должна быть не менее толщины стенки трубы S , $S_{y,n} \geq S$; при этом в зоне кольцевого шва она должна быть дополнительно увеличена на 4—6 мм (рис. 4, а). Общая ширина усиливающей наплавки составляет $L_{y,n} = 130 \div 150$ мм для труб наружным диаметром $D_H = 100 \div 219$ мм и $L_{y,n} = 180 \div 200$ мм для труб $D_H > 219$ мм.

Укрепление дефектного стыкового соединения путем приварки трубчатого бандаж. Такой способ ремонта применяют при отсутствии возможности нанесения усиливающей наплавки и переварки

кольцевого шва. Трубчатый бандаж, имеющий два продольных разреза, состоит из двух частей. Толщина бандаж не менее толщины стенки труб соединения, его длина $L_{т.б} = 200 \div 220$ мм для труб $D_H = 100 \div 219$ мм и $L_{т.б} = 250$ мм для $D_H > 219$ мм.

Бандажирование стыкового сварного соединения включает последовательное выполнение следующих технологических операций (рис. 4, б):

- удаление выпуклости поврежденного (дефектного) кольцевого шва заподлицо с трубой;
- размещение трубчатого бандаж на дефектном стыковом соединении (кольцевой шов должен размещаться по центру бандаж). Бандаж скрепляют прихватками длиной по 20—40 мм и высотой около 5—7 мм. Прихватки наносят на продольные разрезы бандаж. Предварительно в кольцевом зазоре между внутренней поверхностью бандаж и наружной поверхностью труб дефектного стыка рекомендуется размещать (и прихватывать к трубам) четыре подкладки (углеродистой стали) шириной 20—30 мм и толщиной 3—4 мм. Подкладки следует располагать равномерно по периметру трубы, при этом две из них размещают под продольными разрезами бандаж;
- выполнение продольных стыковых швов бандаж многослойным способом (два-три слоя);
- сварку кольцевых (угловых) швов, соединяющих трубчатый бандаж с трубами дефектного стыка. Угловые швы сваривают в два-три слоя.

Ремонт кольцевого шва с внутренней поверхности поврежденного стыкового соединения. Такой вариант ремонта применяют при отсутствии возможности (при труднодоступности) выполнения подварочного шва с наружной стороны поврежденного кольцевого шва.

Ремонт включает выполнение следующих технологических операций (рис. 5):

- вырезку окна овальной формы необходимого размера (с учетом наружного диаметра трубы) в районе расположения поврежденного стыкового сварного соединения. Окно охватывает часть кольцевого шва с прилегающими участками труб соединения и располагается с противоположной стороны (по периметру трубы) зоны повреждения шва. Такое расположение необходимо для выполнения сварки на внутренней поверхности поврежденного участка кольцевого шва;
- удаление поврежденного металла со стороны корневой части поврежденного участка шва до получения сквозной выборки с раскрытием на внутренней поверхности соединения;
- выполнение подварочного шва многослойным способом (два-три слоя) до получения выпуклости шириной 20—30 мм, высотой 5—8 мм и длиной, включающей протяженность зоны повреждения с перекрытием по 20—30 мм с обоих концов;

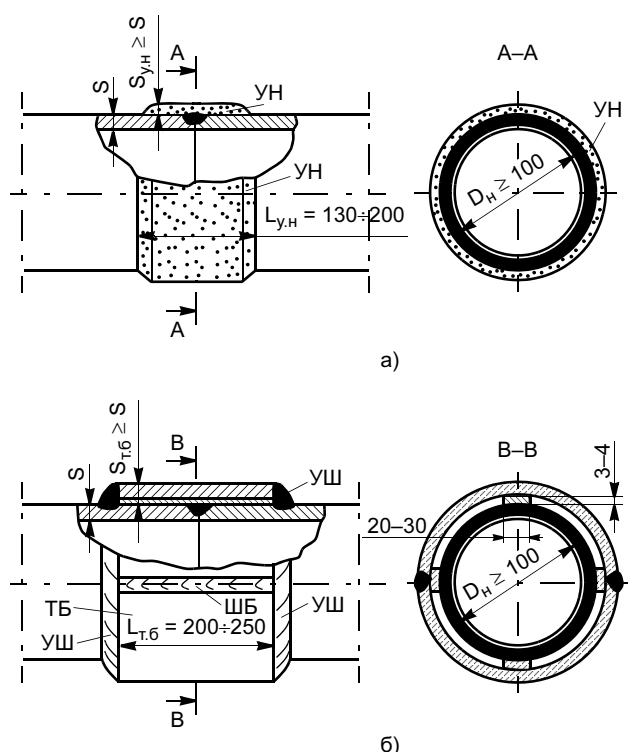


Рис. 4. Укрепление ССС (ШБ — продольный шов бандаж, УШ — угловой): а — нанесение усиливающей наплавки (УН); б — приварка трубчатого бандаж (ТБ)

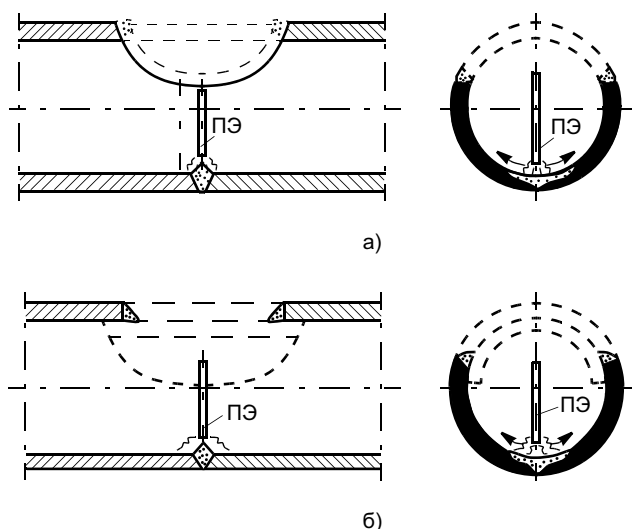


Рис. 5. Ремонт ССС путем заварки дефектного места с внутренней поверхности кольцевого шва с последующим заглушением окна (ввод плавящего электрода (ПЭ) при сварке обеспечивается через окно на участке трубопровода): а — приварка заплаты к верхнему окну стыковым швом; б — приварка заплаты угловым швом

- размещение заплаты (заклушки) в окне ремонтируемого участка трубопровода и скрепление ее с трубными элементами с помощью прихваток длиной по 40—60 мм и высотой 6—8 мм через каждые 150—250 мм (с учетом наружного диаметра труб).

Основным способом соединения заплаты с ремонтируемым участком трубопровода является ее приварка встык к контуру окна (рис. 5, а) согласно СО 153-34.17.464—2003. Технология сварки такого соединительного шва рассмотрена в работе [3].

При аварийных ситуациях, когда ремонтные работы крайне ограничены сроками выполнения (и предусмотрена в ближайший срок эксплуатации замена данного отремонтированного участка), применяют способ соединения заплаты с трубными элементами внахлестку угловым контурным швом (рис. 5, б).

С этой целью предварительно подготавливают заплату (заклушку-вставку) требуемой формы и размера, превышающего на 40—80 мм размер вырезаемого окна на участке трубопровода. Заплату в наклонном положении вводят в окно, размещают на внутренней поверхности трубного участка и прижимают к нему с помощью винтовых стяжек или другим способом.

Заплату скрепляют с трубными элементами прихватками длиной по 40—60 мм и катетом 6—8 мм через каждые 150—250 мм; после этого удаляют сборочные приспособления. Заключительной операцией является выполнение углового шва (в два-три слоя) по контуру соединения внахлестку.

Ремонт стыкового шва путем приварки штуцера-заклушки к месту локального повреждения.

При таком способе ремонта выбирают штуцер-заклушку, внутренний диаметр которого перекрывает размер локального повреждения на 20—30 мм с каждой стороны. Одну сторону штуцера заглушают приваренным доннышком. Такой способ ремонта применяют, когда существует опасность эксплуатационного развития повреждения в отремонтированной зоне. В этом случае штуцер-заклушка является страхующим элементом, повышающим работоспособность отремонтированного участка шва.

Ремонт включает выполнение следующих технологических операций:

- выбор способа ремонта с получением вариантов соединений типа вварного или приваренного штуцера-заклушки (рис. 6);
- полное удаление поврежденного металла до получения отверстия в зоне стыка при ремонте при выбранном варианте соединения с вварным штуцером-заклушкой (соединение с конструкционным непроваром). После этого штуцер-заклушку размещают в отверстии стыка и приваривают угловым швом (в два-три прохода), катет шва равен 1,2—1,5 толщины стенки трубы (рис. 6, б);
- полное удаление поврежденного металла до получения отверстия в зоне стыка при выбранном варианте соединения с приварным штуцером-заклушкой (в соединении отсутствует конструкционный непровар). Затем штуцер-заклушку, имеющий

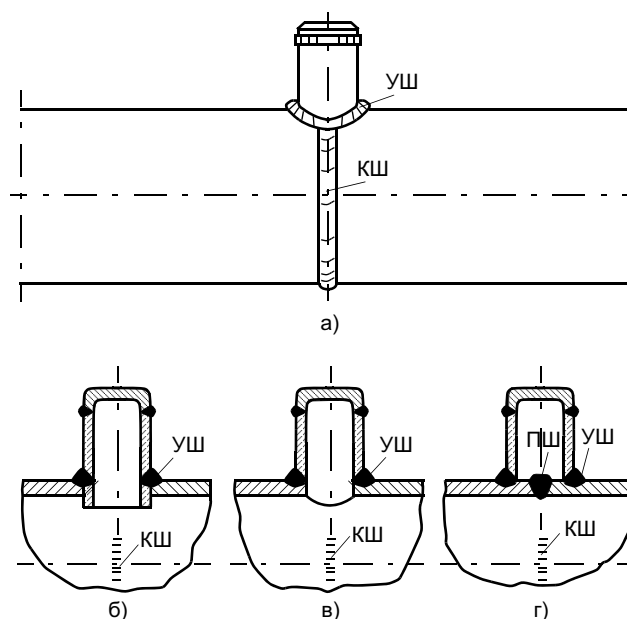


Рис. 6. Ремонт ССС путем приварки штуцера-заклушки в зоне повреждения кольцевого шва (КШ): а — общий вид места приварки штуцера-заклушки угловым швом (УШ); б — соединение типа вварного штуцера, размещенного в отверстии; в, г — соединения типа приварного штуцера-заклушки на наружной поверхности труб соответственно в зоне отверстия (в) и зоне подварочного шва

разделку в торцевой части, приваривают угловым швом (рис. 6, в);

- удаление поврежденного металла с выполнением подварочного шва при выбранном варианте соединения с приварным штуцером (в соединении отсутствует конструкционный непрочвар). Затем штуцер-заглушку, имеющий разделку в торцевой части, приваривают угловым швом (рис. 6, г).

Ремонт путем нанесения усиливающей (кольцевой) наплавки на поверхность ССС_{ртз}. Усиливающую многослойную (два-три слоя) наплавку кольцевого типа наносят на наружную поверхность поврежденного (дефектного) шва и прилегающего участка тонкостенного трубного элемента кольцевыми валиками шириной 15—20 мм и высотой 4—6 мм. Толщина усиливающей наплавки должна быть не менее толщины тонкостенного трубного элемента $S_{y.n} \geq S_1$, ширина $L_{y.n} = 80 \div 100$ мм для наружного диаметра тонкостенного трубного элемента $D_{H1} = 100 \div 219$ мм и $L_{y.n} = 100 \div 120$ мм для $D_{H1} > 219$ мм (рис. 7).

Ремонт ССС_{ртз} (выполнение местной подварки кольцевого шва) проводят по технологии, приведенной на рис. 2, а и 3.

Ремонт ТСС (и врезки труба в трубу) укреплением поврежденного (дефектного) углового шва усиливающими наплавками и приварными накладками. Способ ремонта назначается в зависимости от места и размера поврежденного (дефект-

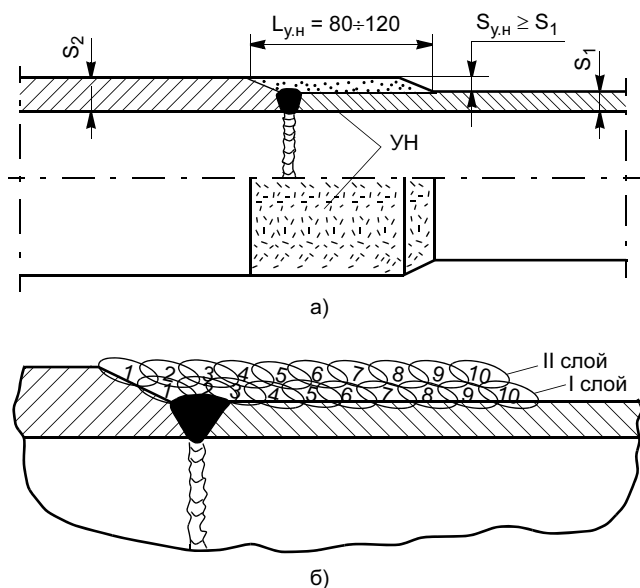


Рис. 7. Укрепление поврежденного ССС_{ртз} нанесением усиливающей (кольцевой) наплавки: а — общий вид и размер усиливающей наплавки; б — очередность нанесения кольцевых валиков каждого слоя

ного) участка углового шва и/или прилегающих к шву участков штуцера и трубы (рис. 8).

При выявлении места повреждения необходимо в первую очередь (независимо от выбранного способа укрепления углового шва) удалить поврежденный металл и выполнить подварочный шов (по технологии ремонта стыкового шва, см. рис. 2 и 9). После этого назначают способ укрепления углового шва и прилегающих участков.

Нанесение усиливающей многослойной (два-три слоя) наплавки воротникового типа является эф-

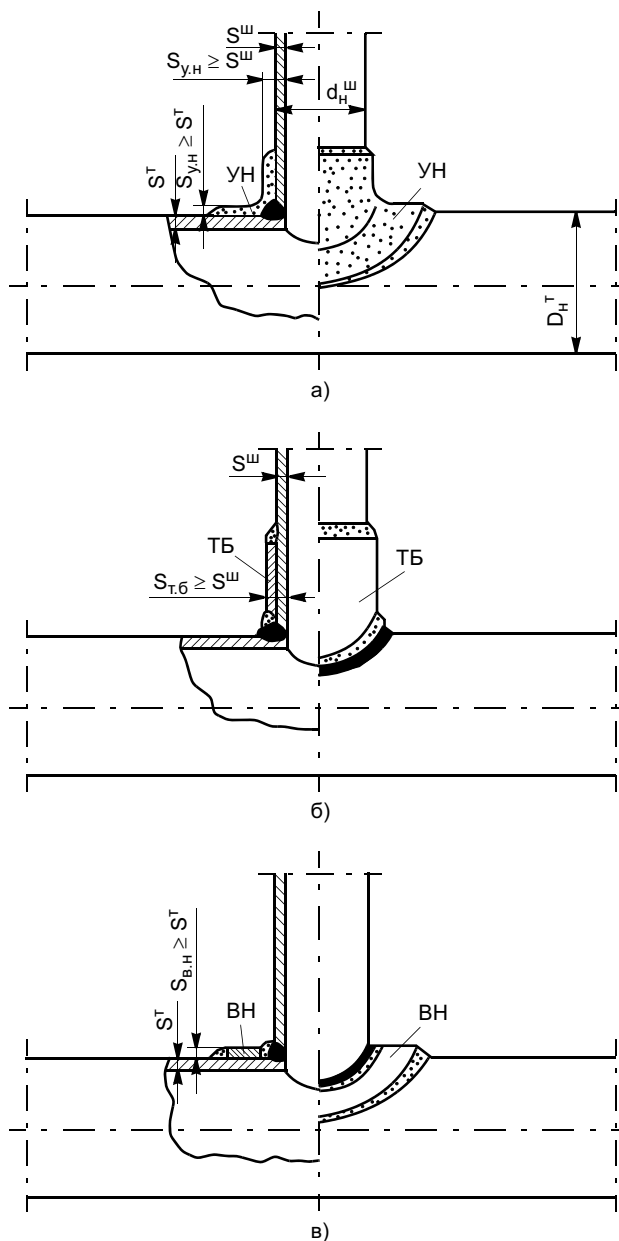


Рис. 8. Укрепление тройникового сварного соединения (и врезки труба в трубу): а — нанесение усиливающей наплавки воротникового типа; б — приварка к штуцеру трубчатого бандажа; в — приварка к трубе воротниковой накладки (ВН)

фективным способом укрепления таких соединений. Наплавку наносят кольцевыми валиками по периметру углового шва, прилегающей зоны трубы (вокруг углового шва) и периметру штуцера. Ширина валиков составляет 10—16 мм, высота — 5—7 мм. Толщина усиливающей наплавки должна удовлетворять условию $S_{y,n} \geq S^T$ (со стороны трубы) и $S_{y,n} \geq S^Ш$ (со стороны штуцера), ширина усиливающей наплавки должна включать ширину углового шва и примыкающие кольцевые участки штуцера и трубы шириной не менее 50 мм (см. рис. 8, а).

Укрепление сварного соединения путем бандажирования штуцера (или нанесением усиливающей наплавки на штуцер) применяют при выявлении повреждения со стороны штуцера вблизи углового шва.

Бандаж, состоящий из двух половин втулки (два продольных реза), размещают на штуцере, скрепляют прихватками длиной по 20—30 мм и высотой 4—6 мм на продольных резах. После этого сваривают продольные стыковые швы бандажа, затем кольцевой шов соединения бандажа с угловым швом и в последнюю очередь кольцевой шов соединения бандажа с штуцером (см. рис. 8, б). Длина (высота) бандажа составляет около 80—100 мм, толщина — не менее толщины стенки штуцера; материал бандажа — углеродистая сталь Ст2 или Ст3. Усиливающую наплавку наносят шириной 60—80 мм по приведенной выше технологии.

Укрепление сварного соединения путем приварки воротника со стороны трубы (или нанесением усиливающей наплавки) применяют при выявлении повреждения со стороны трубы вблизи углового шва.

Воротник, состоящий из двух половин (два радиальных реза), размещают на трубе, скрепляют прихватками длиной по 20—30 мм и высотой 4—6 мм на радиальных резах. После этого сваривают радиальные стыковые швы воротника, затем кольцевой шов соединения воротника с угловым швом и в последнюю очередь — кольцевой шов соединения воротника с трубой (см. рис. 8, в). Ширина воротника составляет около 80—100 мм, толщина — не менее толщины стенки трубы; материал бандажа — углеродистая сталь Ст2 или Ст3. Усиливающую наплавку наносят шириной 60—80 мм по приведенной выше технологии.

Возможно применение комбинированных вариантов, при которых укрепление сварных соединений с угловым швом осуществляется нанесением усиливающей наплавки на одну деталь и приваркой усиливающей накладки на другую трубную деталь.

Ремонт кольцевых швов секторных отводов проводят аналогично способам восстановления кольцевого шва стыковых сварных соединений ССС

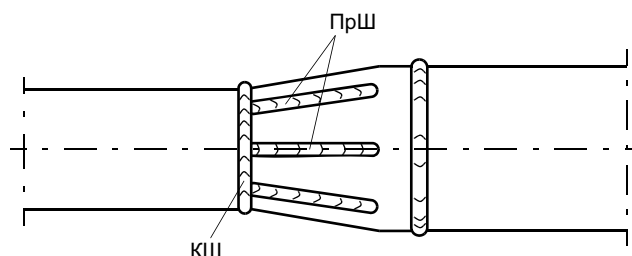


Рис. 9. Способ ремонта лепесткового перехода (в последовательности проведения операций): переварка продольных швов перехода (ПрШ); переварка кольцевого шва, соединяющего переход с трубой меньшего диаметра

(см. табл. 2, рис. 2 и 3). Раскрытие кромок выборки составляет 60—90° с учетом расположения ремонтируемого участка на кольцевом шве трубных элементов.

Ремонт лепесткового перехода способом переварки продольных швов и кольцевого шва, соединяющего переход с трубой меньшего диаметра. Ремонт выполняют в два этапа: на первом — переваривают все продольные швы перехода, на втором — кольцевой шов, к которому примыкают продольные швы перехода (см. рис. 9).

Форма сквозных выборок и многослойный способ выполнения швов аналогичны технологии переварки кольцевых швов стыковых соединений (см. рис. 3).

Ремонт каждого продольного шва перехода включает операции удаления поврежденного металла по всей длине шва и последующего заполнения разделки. По окончании сварки одного продольного шва ремонтные операции проводят по следующему продольному шву. Процесс сварки по каждому шву ведется непрерывно от одного конца продольного шва к другому в сторону кольцевого шва стыкового соединения.

Ремонт кольцевого шва проводят последовательно на участках аналогично технологии переварки стыковых сварных соединений труб (см. рис. 2, б).

Ремонт продольных швов штамповарных колен проводят аналогично способу ремонта кольцевого шва стыкового соединения путем выполнения ремонтной заварки (см. табл. 2, рис. 2, а и 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хромченко Ф. А. Сварочные технологии ремонта элементов трубопроводов. Ч. 1. Ремонт элементов трубопроводов I категории // Энергетик. 2008.
2. Хромченко Ф. А. Ресурс сварных соединений паропроводов. М.: Машиностроение, 2002. 352 с.
3. Хромченко Ф. А. Сварочные технологии при ремонтных работах: Справочник. М.: Интермет Инжиниринг, 2005. 368 с.

Д. В. ВОЛКОВ, инж.
(ОАО "МТЗ Трансмаш"),
М. В. ШУКИН, канд. техн. наук
(МГТУ "СТАНКИН")

Архив конструкторской документации: от бумажных оригиналов к электронным копиям

Каждое современное предприятие сталкивается с необходимостью решения задачи и эффективного использования архивов собственной документации. Число бумажных и электронных документов, формируемых различными подразделениями за год своей работы, измеряется миллионами. Это бухгалтерские и складские документы, материалы, относящиеся к кадровой и управленческой деятельности, всевозможного рода отчеты, сводные статистические данные и др. Особое место в этом перечне занимают архивы конструкторской и технологической документации, которые по сути являются сосредоточением "золотого запаса" знаний и очень ценны для текущей работы как отдельных подразделений, так и предприятия в целом [1].

Бумажный архив конструкторской документации содержит колоссальную базу чертежей, спецификаций, пояснительных записок, других графических и текстовых документов, относящихся к проектно-конструкторской деятельности и накопленных в процессе работы нескольких поколений специалистов. Поддержание этого информационного фонда в актуальном состоянии, обеспечение его единообразного и взаимосвязанного представления является сложной и трудоемкой задачей. А возможность использования современных технических и программных средств переводит решение этой задачи на качественно иной, более

высокий уровень. Данная работа является детализацией принципов проектирования [2] электронного архива конструкторской документации и его основных автоматизируемых функций.

Пять приоритетных задач, выполняемых архивным подразделением, можно обозначить как хранение, систематизацию и учет поступающих оригиналов бумажных документов, а также выполнение заявок на выдачу и тиражирование конструкторской документации для основных подразделений предприятия. Электронный архив должен обеспечивать решение указанных задач с большей степенью эффективности. При этом перенос работы в вычислительную среду требует и преобразования связей между взаимодействующими объектами. В свою очередь это определяет необходимость учета их специфики при структуризации информации и знаний в процессе поэтапной автоматизации.

Хранение бумажных документов предусматривает организацию специально оборудованного архивохранилища с необходимым набором стеллажей, выдвижных полок, табличек идентификации, разделителей папок и других аксессуаров, требующихся в повседневной работе. Излишне говорить о поддержании особого температурно-влажностного и светового режима в помещениях архива, исключении доступа посторонних лиц к хранящимся документам и других задачах архивного хранения

документов. Все они подробно описаны в положении об архиве и правилах его работы [3, 4].

Представление документов в электронном виде требует осуществления схожей функциональности. Роль стеллажей и полок для хранения отводится компьютерным папкам и директориям, вместо бумажных оригиналов документов используются их электронные копии, а контрольно-пропускной режим заменяет авторизация пользователя. Конечно, это всего лишь видимая часть организации электронного архива. Тем не менее, даже столь очевидные моменты требуют особой аккуратности в деталях. Например, реализация автоматизированной системы в виде единого исполняемого файла обеспечивает простоту установки программы и удобство ее обновления. С другой стороны, функциональные возможности конкретного автоматизированного рабочего места (АРМ) определяются при подключении пользователя и регламентируются его правами доступа. Это одновременно решает проблему возможной утечки конфиденциальной информации и несанкционированных изменений данных архива.

Непосредственное создание каталога электронных образов документов и их описание в информационной среде связано в большей степени уже с другой задачей архивного подразделения — систематизацией принимаемых документов. Традиционно для этих

целей используется научно-справочный аппарат к документам архива, который определяется как структурированная совокупность элементов описаний документов (вторичной документной информации), представленных в различных видах архивных справочников, базах данных, предназначенных для поиска документов и документной информации [4]. Действительно, важно не только обеспечить сохранность документов, но и организовать работу с ними максимально эффективным образом.

Этот постулат справедлив и при разработке автоматизированной системы. Затраты на подготовку документов, их взаимосвязанное описание и наполнение базы данных эффективно окупятся на этапе эксплуатации электронного архива, когда даже самый сложный информационный запрос будет выполняться выбором одного или нескольких параметров. В этой связи проектирование информационной структуры архива приобретает ключевое значение. На основе анализа документов, находящихся на хранении, а также наиболее часто возникающих задач по их поиску и тиражированию, была предложена следующая классификационная схема объектов архива: электронные файлы — документы — комплекты документов — комплекты сборочных единиц (рис. 1).

Электронные файлы представляют отсканированные копии отдельных страниц документов-оригиналов. Фактически эти файлы и составляют содержание электронного архива, они располагаются на защищенном сервере, доступ к которому имеет ограниченный

круг лиц. Занесение электронных файлов в архив или их изменение возможно только для пользователей АРМ оператора добавления документов. Перед сохранением электронного файла на сервер чертеж обычно проходит предварительную подготовку. В специализированном приложении осуществляется приведение размера документа к одному из стандартных форматов, а также выполняется очистка поля чертежа от проявившихся при сканировании шумов и артефактов. Эта обработка зачастую позволяет получать при печати с электронных копий документы более высокого качества, чем обычным ксерокопированием бумажного оригинала или калки.

Документ в терминологии электронного архива является информационным описанием объекта-оригинала. Минимально необходимый набор параметров для идентификации документа содержит его номер и наименование. Однако в целях систематизации архивных данных, а также для упрощения их последующего поиска, при вводе описания указывают еще инвентарный номер документа, его тип (чертеж, схему, спецификацию и др.), подразделение-разработчик и полку для хранения подлинника. Последний атрибут является важной составляющей для одновременного ведения и поддержания целостности архивов бумажной и электронной документации, позволяя вести комплексный учет местонахождения документов.

Между электронными файлами и документами существует прямая связь, которую нужно указать в процессе наполнения архива.

Каждый документ может включать неограниченное число файлов различного формата, что особенно характерно для текстовых документов (пояснительных записок, спецификаций, технических условий и др.) и сборочных чертежей. Модификации или дополнения многостраничного документа, как правило, не приводят к его полной замене, а связаны с изменениями его некоторых листов. Учитывая эти особенности, увязка документов и файлов чертежей организована как взаимосвязь описания с набором отдельных страниц, для каждой из которых указываются ее формат и порядковый номер. Таким образом, любой файл (при выполнении соответствующих регламентных процедур) может быть заменен новым без необходимости повторного сканирования всех листов документа.

Комплекты документов — это дополнительная информационная надстройка над описанием документов, объединенных принадлежностью к какому-либо изданию. Сам комплект имеет небольшое число характеристик — фактически это лишь номер, наименование и подразделение-разработчик. Но его важность при формировании архива трудно переоценить. Множество заявок на подбор или тиражирование конструкторской документации содержит запрос именно комплектов документов. То есть вместо поименного перечисления отдельных чертежей указывается их общая характеристика. Это удобно для заказчиков документации, но означает тяжелейшую работу для архивариуса. Ведь помимо подбора оригинальных документов, входящих в комплект, требуется найти все заимствованные детали, чертежи и сборочные единицы, которые в свою очередь могут содержать ссылки на другие комплекты и документы. Электронный архив позволяет отслеживать эти взаимосвязи в автоматическом режиме.



Рис. 1. Классификационная схема объектов архива (использованы детали интерфейса программы)

Комплекты сборочных единиц устроены аналогично комплектам документов, только вместо отдельных документов используются другие комплекты, так называемые подкомплекты или, что более привычно для конструкторов, сборочные единицы. Так же, как и при увязке комплектов и документов для сборочных единиц необходимо указать их статус в комплекте — оригинальный или заимствованный. На текущий момент комплекты сборочных единиц являются недостаточно распространенным видом описания конструкторской документации. В настоящее время в базе данных таковых насчитывается около 20, но удобство их поиска и обработки, по всей видимости, приведет в будущем к росту применения комплектов сборочных единиц. Ведь оперировать обобщенной категорией (например техническими условиями) проще, чем указывать каждый документ в отдельности.

Переход к электронным технологиям комплектации архива предполагает новые требования к систематизации и учету хранимых в нем документов. Правила передачи документов из подразделений-разработчиков в архив становятся более строгими. Если ранее могли использоваться различного рода умолчания или негласные условия описи документации, то теперь это недопустимо, так как напрямую отражается на качестве работы системы. Главным принципом эффективной работы электронного архива является наличие в программной среде полной и актуальной информации о его содержимом. Это требует большего внимания к процедуре ввода данных, зато существенно упрощает решение последующих задач по поиску, подбору и тиражированию документации.

Кроме того, облегчается выполнение научно-информационной деятельности архива. В автоматизированном режиме возможно выполнение большинства задач,

носящих статистический и аналитический характер, в частности:

- формирование архивных справочников, включающих систематизированные сведения о структуре и содержании документов, хранящихся в архиве;
- создание каталогов архивных документов по различным классификационным критериям и параметрам;
- составление отчетов о поступавших заявках и времени их выполнения;
- учет количественных затрат бумаги при печати документов;
- другие запросы научно-методического направления.

Инструментарий автоматизированной системы, реализующий перечисленные процедуры, полностью еще не готов, но значится в ближайших планах разработчиков.

Также в скором времени предполагается использование общей информационной среды электронного архива для взаимодействия между подразделениями. В настоящее время автоматизированные функции ограничиваются рамками отдела "Архив", но при этом с са-

мого начала проектирования системы предусмотрены возможности ее расширения и включения в производственный цикл других служб предприятия. Это означает отсутствие дополнительных расходов, связанных с необходимостью согласования работы новых модулей системы в процессе ее развития. Демонстрацией такого подхода может служить процедура внесения изменений в конструкторскую документацию. Существенное сокращение непроизводительных затрат достигается за счет электронного взаимодействия между подразделениями и переноса информационной нагрузки на сервер данных (рис. 2).

Наиболее трудоемкой из повседневных задач, выполняемых сотрудниками архивного подразделения, является изготовление копий технической и конструкторской документации. Связано это в первую очередь с необходимостью выполнения такой невидимой стороной наблюдателя работы, как подбор документов и чертежей с их последующим возвратом на места постоянного хранения. Для

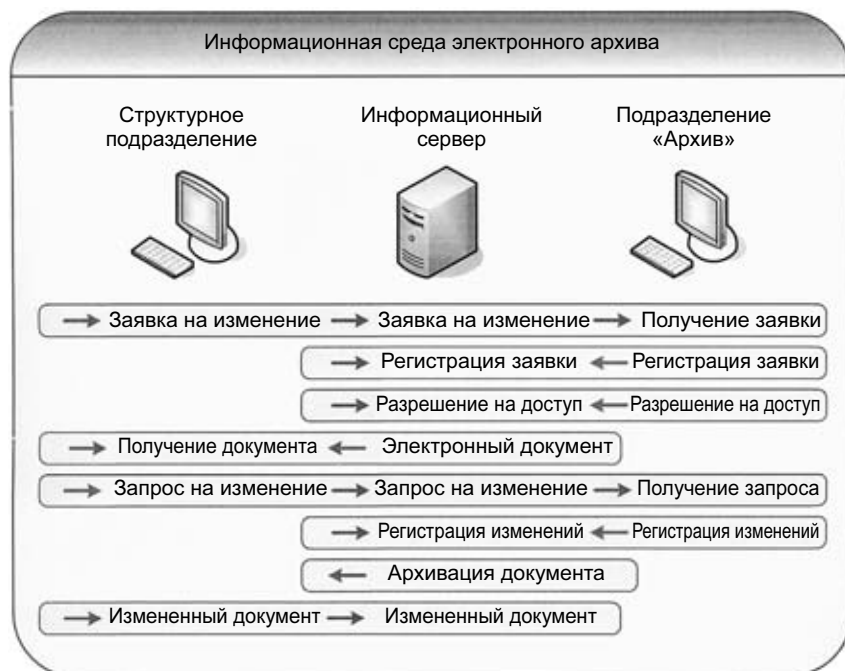


Рис. 2. Информационное описание процедуры внесения изменений в конструкторскую документацию (→ — входящие информационные потоки, ← — исходящие)

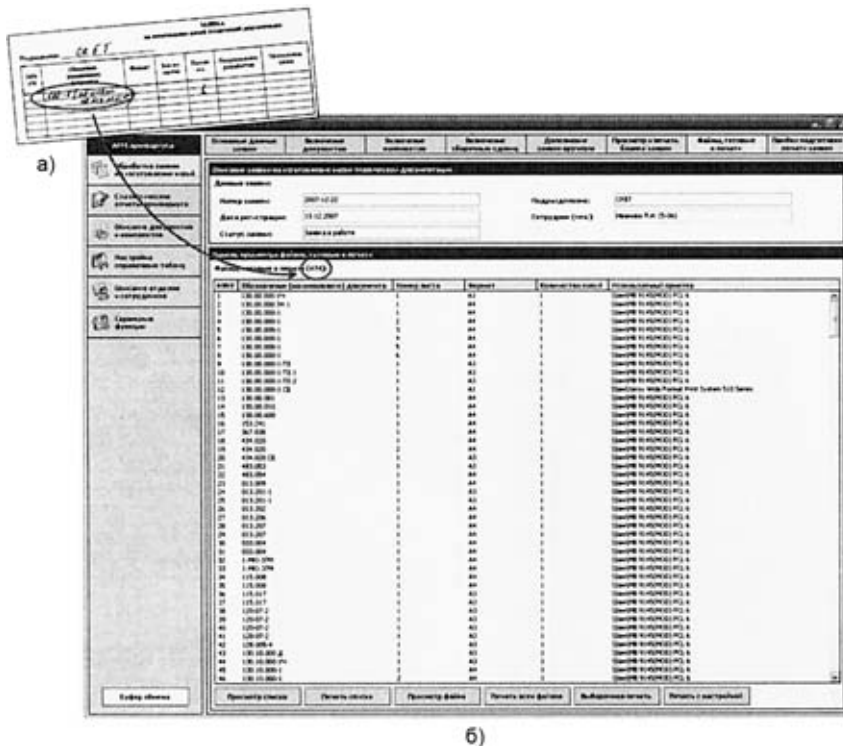


Рис. 3. Окно выполнения заявки на тиражирование конструкторской документации: а — форма заявки из подразделения; б — автоматический подбор документов в программе

сложной заявки на эти вспомогательные мероприятия может уходить до трех четвертей всего времени ее обработки. Особые сложности, как уже отмечалось, связаны с ручным подбором комплектов документов и сборочных единиц. Например, одна строка заявки "130-1 (полный комплект)" (рис. 3, а) означает необходимость поиска по ведомости спецификаций полного набора всех документов изделия, включая заимствованные чертежи и детали, относящиеся к другим комплектам.

Обычная работа включает подбор документов различных форматов, находящихся на разных полках для хранения, их копирование, возврат на место с сохранением установленного порядка размещения, возможные повторные обращения к документам того же комплекта или даже к тому же самому документу, если он встретился в очередной сборочной единице и др. Все это требует колоссально-го внимания, аккуратности и ком-

петенции специалиста-архивариуса. Если же по каким-либо причинам необходимо распечатать только уникальные (неповторяющиеся) чертежи комплекта, то ко всем перечисленным задачам добавляется еще и необходимость отслеживания повторно встречающихся документов. Для комплектов, содержащих несколько сотен документов (рис. 3, б), это отнюдь не простая задача.

Естественно, что первоочередные усилия при разработке системы электронного архива были направлены на решение задачи автоматизированного подбора и тиражирования документов. Благодаря четко сформулированным в техническом задании требованиям и анализу возникающих при практической работе ситуаций был выделен необходимый и достаточный набор операций при описании заявки в программной среде. Это позволило как упростить процедуру регистрации заявки, сведя ее к типовому описанию

возможных вариантов тиражирования документов, так и определить методику увязки комплектов, сборочных единиц и отдельных документов на этапе ввода их описаний в базу данных.

Таким образом, любая заявка может содержать следующие данные:

- отдельные документы, информация о которых содержится в базе данных;
- комплекты документов двух типов: включая заимствованные документы (полный комплект) и только оригинальные документы, составляющие содержание данного комплекта (комплект);
- комплекты сборочных единиц, что фактически означает вложенные включения одного или нескольких комплектов документов в другой, причем уровень вложенности может быть сколь угодно большим;

— документы или комплекты документов, информация о которых не занесена в электронный архив, требующие ручной обработки;

— также к допустимым описаниям заявки следует отнести возможность невключения тех или иных документов и сборочных единиц в соответствующие комплекты и указания режима подбора — только уникальные документы или же все (даже встречающиеся повторно).

В описании самой заявки указывается ее номер, дата регистрации, подразделение и сотрудник, запросивший документацию. Кроме того, во время выполнения заявки требуется обеспечить реализацию нескольких вспомогательных процедур, облегчающих труд архивариуса. Например, формирование заполненного бланка заявки с указанием перечня изготовленных комплектов и документов, а также времени выполнения запроса на тиражирование. Другой процедурой является отображение в информационных целях текущего состояния заявки, начи-

ная от ее поступления в архив, принятия в работу и заканчивая успешным выполнением с передачей готовой заявки заказчику (рис. 4).

Весьма полезной функцией при автоматическом подборе чертежей является вывод списка документов, которые по каким-либо причинам не могут быть напечатаны в текущий момент. К числу ошибок подготовки печати можно отнести проблемы с поиском электронного файла на сервере данных, невозможность доступа к сетевому принтеру или же отсутствие информации о запрашиваемом документе в базе электронного архива. Строго говоря, последний вариант ошибкой не является,

ибо возможен только в случае дополнения заявки вручную. Весь список найденных файлов и чертежей может быть передан оператору добавления документов в качестве приоритетной работы по наполнению архива.

Печать успешно найденных файлов возможна в нескольких режимах:

- пакетный — все документы автоматически отправляются на связанные с форматами файлов устройства печати;
- выборочный — печать указанных пользователем страниц документа;
- печать с настройкой — вызов стандартного диалогового окна свойств принтера и настройки

параметров страницы (ее ориентация, поля, формат и пр.);

— печать списка всех чертежей — в отличие от бланка заявки, где указываются только основные данные изготовленных комплектов и документов, в этом режиме отображается полный список всех электронных файлов, отправленных на печать, с указанием номеров страниц, их форматов, числа напечатанных экземпляров и принтеров, используемых для печати.

Первые же тесты показали высокую эффективность использования электронного архива при автоматизированном выполнении заявок на тиражирование конструкторской документации. Был проведен небольшой эксперимент по параллельному изготовлению копий в обычном и компьютерном режимах. Традиционная технология работы включает ручной подбор документации, ее ксерокопирование и возврат подобранных документов на места их постоянного хранения. Электронный способ требует регистрации заявки в программной среде для автоматического подбора и печати электронных копий чертежей. В тестовую заявку были включены восемь наименований оригинальных конструкторских документов форматов А3 и А4. Сводные данные о затратах времени приведены в таблице.

20-минутная разница во времени обработки для такой небольшой и относительно простой заявки — лучшее доказательство успешности новой технологии работы. Применение же электронного архива при поиске комплектов документов и сборочных единиц позволяет сократить время выполнения заявок в десятки раз. Вместо утомительного ручного подбора чертежей архивариусу теперь необходимо выполнить стандартную процедуру регистрации заявки и указать значения для двух-трех классификационных параметров. Все остальные действия компью-

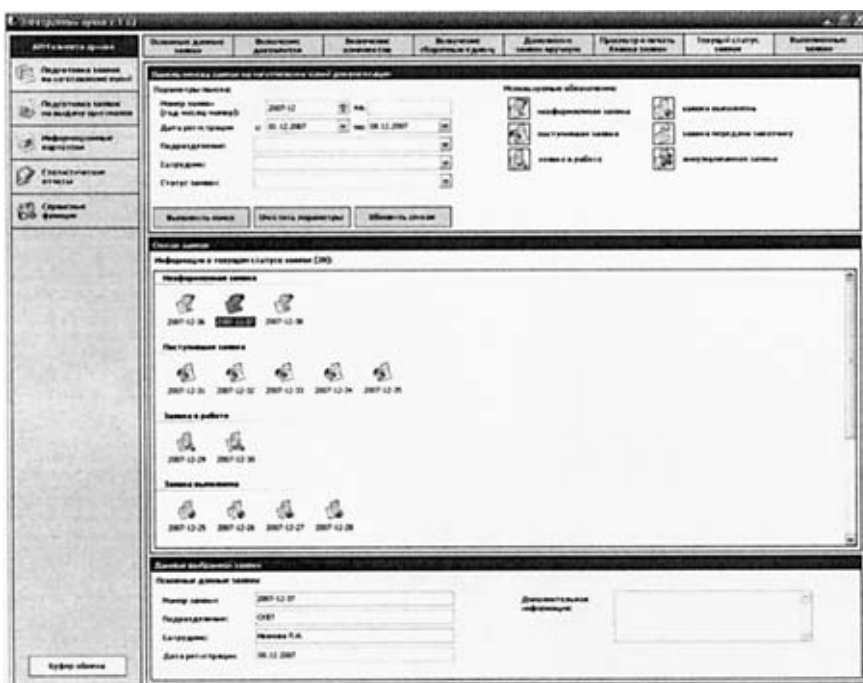


Рис. 4. Отображение заявок на тиражирование конструкторской документации

Традиционная (ручная) технология обработки	Электронный способ выполнения заявки	Время выполнения, мин
Подбор документов	Регистрация заявки	10/1
Ксерокопирование	Печать документов	6/3
Укладка на места хранения		8/—
		Общее 24/4

Примечание. В числителе приведены значения для ручной технологии работы, в знаменателе — для электронного способа.

терная программа осуществляет в автоматическом режиме без непосредственного участия человека. Сотруднику архива остается только забирать чертежи с печатающих устройств, окончательно формируя из них готовую заявку.

Конечно, такая внешняя легкость действий требует корректной организации взаимосвязей документов внутри базы данных и наполнения архива электронных копий документов. Здесь в полной мере проявляется тезис о том, что на сегодняшний день трудоемкость, стоимость и качество результатов проектирования определяются объемом и глубиной системы знаний, заложенной в компьютер [5]. При этом центральная роль отводится формированию единой информационной среды, которая представляет объективированные в виде электронных документальных источников накопленные знания и опыт специалистов данной предметной области.

Работа в указанном направлении ведется непрерывно, а сканирование чертежей и их перевод в электронный вид начались еще до ввода системы в тестовую эксплуатацию. Эти трудозатраты тоже необходимо учитывать при оценке общего эффекта от внедрения системы. Тем не менее, первые итоги видны невооруженным глазом. Как раз к моменту ввода про-

граммы электронного архива в постоянную эксплуатацию из конструкторского бюро, проходящего процедуру переаттестации, поступил заказ на изготовление значительного числа копий документов. Заявка, с которой ранее невозможно было бы справиться в течение месяца непрерывной работы, была выполнена менее чем за неделю. После такого результата даже те сотрудники, которые ранее с опаской и недоверием относились к компьютеру, стали активно использовать новую программу.

Безусловно, работа над созданием компьютерных инструментов электронного архива требует продолжения. Как отмечалось выше, еще не реализован ряд операций по обработке статистических данных и формированию на их основе аналитических материалов. Неполностью готов модуль генерации отчетных документов. Предстоит разработка регламента процедур аннулирования и замены чертежей, других автоматизированных функций программы. Тем не менее уже на текущем этапе функционирования системы очевидно, что при корректной организации информации электронные базы данных предоставляют гораздо более широкий диапазон возможностей для работы с документами в архивных подразделениях.

Конечно, архив конструкторской документации, его комплектование, наполнение и сопровождение в рамках промышленных предприятий различных предметных областей имеют свои структурные и специфические особенности. Вместе с тем рассмотренные в данной статье решения и подходы к созданию прикладной автоматизированной системы электронного архива могут быть использованы как при разработке универсальных программных комплексов, содержащих фонды архивной и нормативно-справочной информации, так и систем смежного профиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Электронный архив промышленного предприятия* // Металлургический бюллетень. 2006. № 12. С. 55—56.
2. Волков Д. В., Шукин М. В. Проектирование автоматизированной системы электронного архива конструкторской документации // Технология машиностроения. 2007. № 4. С. 68—73.
3. *Примерное положение об архиве государственного учреждения, организации, предприятия*. М.: Комитет по делам архивов при Правительстве Российской Федерации, 1992.
4. *Основные правила работы архивов организаций*. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт документоведения и архивного дела, 2002.
5. Евгений Г. Б. Системология инженерных знаний: Учеб. пособие для вузов. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 376 с.

Вниманию подписчиков!

Напоминаем Вам, что оформить подписку на журнал можно с любого месяца

в любом почтовом отделении связи.

Подписной индекс в каталоге Агентства "Роспечать" — 79494,

в Объединенном каталоге "Пресса России" — 27869,

в каталоге "Почта России" — 60190.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Н. Ю. БЕРБАСОВА, канд. техн. наук, В. П. КУЛИКОВ, д-р техн. наук
(Белорусско-Российский университет, Могилев),
В. А. ОСНОВСКИЙ, инж., С. И. ТАРАСЕНКО, инж.
(Производственное республиканское унитарное предприятие
"Минский автомобильный завод")

Управление качеством сварных конструкций на основе системно-процессного моделирования

Актуальные задачи идентификации, прослеживаемости, описания, сбора и аналитической обработки информации о сварочных процессах и продукции могут быть решены на основе применения CALS-технологий, позволяющих создать единое информационное пространство для управления сварочным производством.

Процесс формирования качества сварных конструкций (СК) можно разбить на следующие стадии:

- исследование и разработка новых форм и методов расчета сварных конструкций и технологий их изготовления;
- перспективное планирование качества СК;
- конструкторско-технологическая подготовка производства;
- производство СК;
- контроль качества СК;
- анализ по видам и результатам несоответствий;
- разработка корректирующих и улучшающих действий.

Сварочное производство машиностроительного комплекса Республики Беларусь оснащено современным оборудованием, в нем используются прогрессивные технологии, имеются квалифицированные кадры. Однако изготавливаемые СК по качеству уступают лучшим мировым аналогам. Решение данной задачи в сложившихся экономических условиях невозможно без внедрения на предприятиях, имеющих развитое сварочное производство, системы менеджмента качества. Стандарты ИСО 3834 устанавливают требования к системе менеджмента качества сварочного производства (СМК СП) с учетом принципов, заложенных в стандарте ИСО 9001—2000, но в них не раскрываются возможности процессно-ориентированного моделирования процессов.

Важнейшими элементами менеджмента качества являются акцент на процесс, принятие решений на основе фактов и непрерывное улучшение. Следовательно, задача формирования отдельного процесса системы менеджмента качества (СМК) сво-

дится к определению оптимальных критериев его функционирования и степени соответствия фактических критериев эталонным или базовым.

Проблеме процессного подхода применительно к сварочному производству в рамках СМК как в республике, так и за рубежом посвящено незначительное число работ, в связи с чем данная область остается недостаточно изученной и перспективной с точки зрения ее разработки [1, 2].

Стандарты ИСО 9000 относят сварку к специальным процессам, т. е. процессам, результаты которых нельзя в полной мере проверить последующим контролем и испытанием продукции. В этих случаях соответствие СК установленным требованиям достигается регулированием и улучшением процессов, которое возможно только на основе их постоянного мониторинга и анализа.

Согласно СТБ ИСО 9001—2001, процесс — это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы [3].

Суть процессного подхода можно проиллюстрировать в виде схемы (рис. 1).

Преобладающий функциональный подход предполагает, что все задачи выполняются в рамках

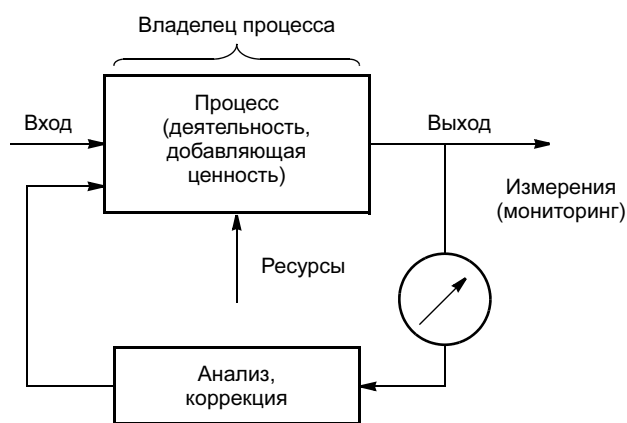


Рис. 1. Схема процессного подхода

функций, которые самодостаточны, независимы друг от друга по своей сути, в результате чего и задачи между собой практически не связаны. Это приводит к ситуации, когда на предприятии никто не отвечает за так называемые "сквозные процессы", пронизывающие всю его структуру и проходящие через несколько функциональных подразделений (конструкторское бюро, технологическое бюро сварки, сварочные производства и др.), преследуя свои узкоспециализированные цели. Процессный подход предполагает перенос центра тяжести с функции на процесс, что интегрирует все операции, принимаемые организацией, для удовлетворения данного конкретного потребителя.

Применение процессного подхода для повышения эффективности управления сварочным производством позволяет:

- выявлять проблемные зоны жизненного цикла СК при построении модели процесса в нотации "как есть". В результате создания модели процессов в нотации "как есть" составляется перечень изменений в работе предприятия;

- просто и наглядно интерпретировать циклы сварочного производства, что повышает его прослеживаемость и обеспечивает прозрачность информационных потоков по его функционированию;

- выделять зоны ответственности и рабочие зоны, что облегчает формулировку требований к персоналу сварочного производства, претендующему на выполнение определенной работы;

- определять точки контроля и критические точки сварочных работ за счет декомпозиции процессов.

В связи с применением процессного подхода в мировой практике менеджмента качества применяют различные методологии визуализации процессов [3]:

- диаграмму последовательности (Flow chart);
- сетевой график (Activity Network Diagram);
- диаграмму процесса принятия решения (Process Design Program Chart);
- кросс-функциональные диаграммы последовательности (Cross-Functional Flow chart);
- функциональное моделирование IDEF0;
- диаграмму потоков данных DFD (Data Flow Diagram) в двух нотациях: Гейна-Сарсона и Йордана-де-Марко;
- диаграмму потоков работ (Work Flow Diagram) и др.

По мнению авторов, более эффективной методологией для описания процессов сварочного производства является IDEF0. Эта методология приведена в рекомендациях ТК РБ 4.2-Р-05—2001 и используется для функционального моделирования в рамках CALS-технологий.

Анализ СМК предприятий Республики Беларусь с развитым сварочным производством показал, что сварка в ее рамках не выделяется в отдельный процесс, что затрудняет его "прозрачность" и управляемость. Возможность применения процессного подхода для управления качеством сварочного производства демонстрирует СМК РУП "МАЗ".

На РУП "МАЗ" с 2000 г. сертифицирована и функционирует СМК, в которой выделены 14 процессов. Анализ процессов РУП "МАЗ" в модели "как есть" показал следующее:

- сборочно-сварочные работы, несмотря на их значительную долю в общей трудоемкости, не выделяются в отдельный "горизонтальный процесс" и не подвергаются детальному мониторингу;

- не идентифицированы входы и выходы процессов производства сварных конструкций, что снижает эффективность их мониторинга.

Как следствие, снижена эффективность управляемости сварочным производством, имеют место повторы несоответствий технологического процесса, увеличены затраты на качество.

На рис. 2 приведена сеть процессов сварочного производства в модели "как надо", выполненная с применением методологии структурно-функционального моделирования IDEF0.

Процесс "Производить сварные конструкции" (A8.1) декомпозирован на четыре подпроцесса 1-го уровня: "Проектировать СК" (A81.1), "Производить сборочно-сварочные работы" (A81.2), "Контролировать качество" (A81.3) и "Осуществлять мониторинг и улучшение процессов СМК СП" (A81.4). Каждый из подпроцессов 1-го уровня детализирован путем декомпозиции на подпроцессы 2-го уровня и т. д. Такое представление сварочного производства позволяет четко представить входы и выходы процессов для их последующего мониторинга; закрепить за каждым процессом его владельца, который несет ответственность за его результативность и эффективность; идентифицировать потребность в материальных, информационных и трудовых ресурсах.

Для оценки результативности процессов сварочного производства и отслеживания ее динамики на основе сети процессов в модели "как надо" разработана система мониторинга (см. таблицу). Из таблицы следует, что система позволяет сделать "прозрачными" и оцениваемыми основные факторы, влияющие на качество СК. Анализ показателей в динамике позволит сконцентрировать действия и ресурсы на "постоянное улучшение" по тем позициям, которые нуждаются в первоочередном реинжиниринге.

Система построена следующим образом: подпроцессы первого уровня оцениваются локальными показателями L посредством интегрирования с помощью коэффициентов значимости. Эффек-

Комплексированный показатель эффективности с учетом полученных коэффициентов веса рассчитывают по формуле

где a, b, c, d — число групп свойств в процессах А8.1.1, А8.1.2, А8.1.3, А8.1.4 соответственно; m, n, k, f — коэффициенты относительной весомости процессов А8.1.1, А8.1.2, А8.1.3, А8.1.4 соответственно; X_i^I и Y_i^I , X_i^{II} и Y_i^{II} , X_i^{III} и Y_i^{III} , X_i^{IV} и Y_i^{IV} — оценка и весомость i -й группы свойств в процессе А8.1.1; А8.1.2; А8.1.3 и А8.1.4 соответственно.

50

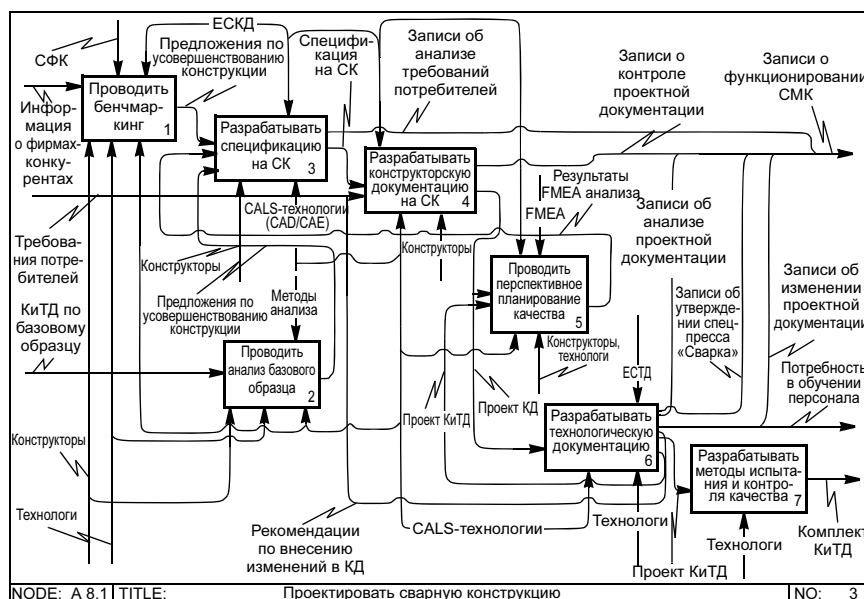
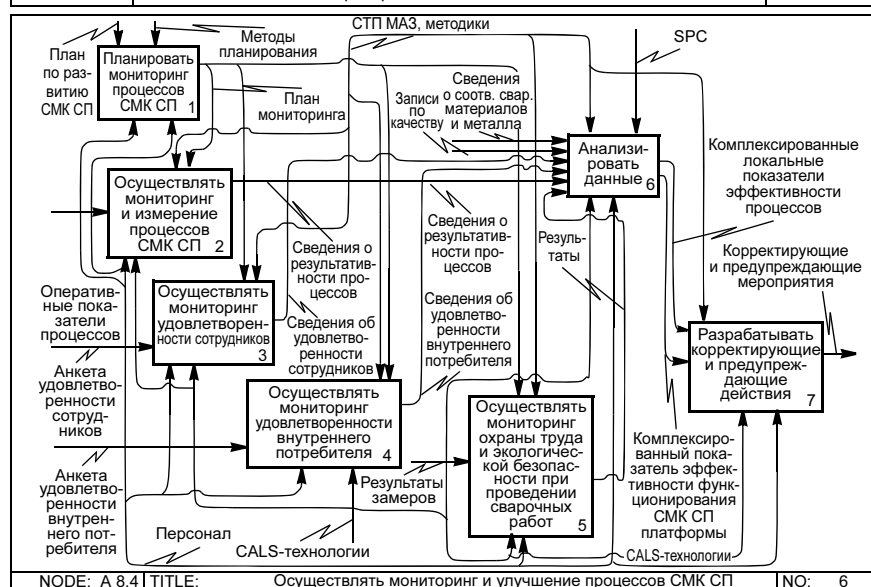
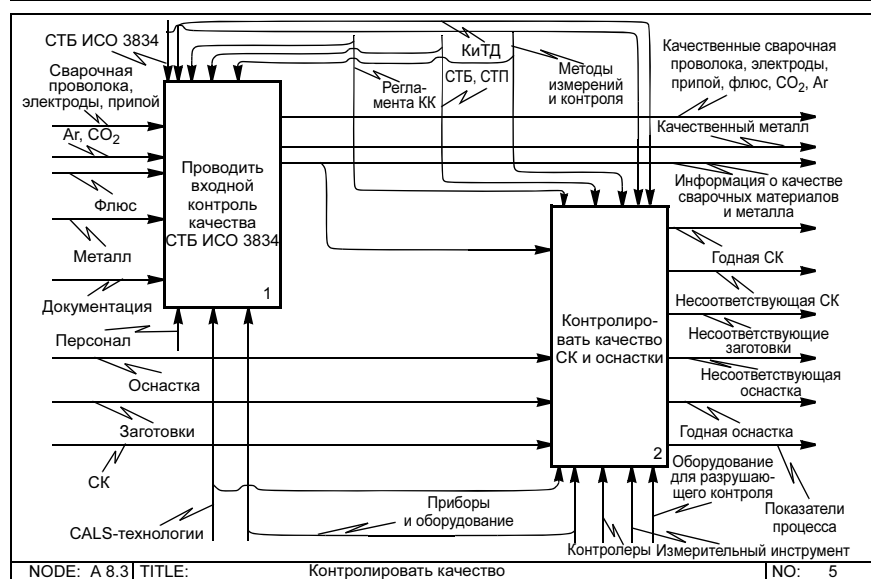
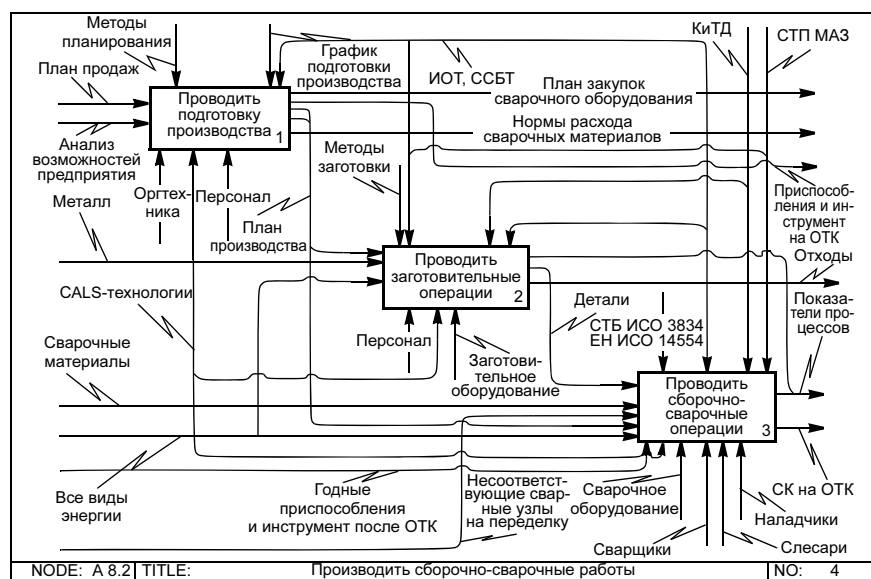


Рис. 2. Функциональная модель процесса "Производить сварные конструкции" в методологии IDEF0



Окончание рис. 2

стическими данными по отрасли, эталонным и запланированным уровнями, определять наиболее эффективные направления инновационной деятельности с целью повышения качества сварочного производства.

Отслеживание динамики показателей положительно скажется на технологической дисциплине, связях с потребителем, стабильности производства, позволит четко выявить те звенья технологического процесса, которые подлежат немедленному регулированию.

Анализируя информацию, полученную в ходе мониторинга, можно сделать следующие выводы:

- недостаточно уделяется внимания бенчмаркингу, т. е. оценке достижений конкурентов в области проектирования, производства и использованию их опыта при улучшении сварных элементов автомобилей;

- на предприятии не ведутся работы по составлению карт технического уровня, что не позволяет оперативно сравнивать характеристики производимой техники с зарубежными аналогами по типам номенклатурных показателей;

- сварочное оборудование имеет низкий показатель по возрастному составу и прогрессивности, что увеличивает затраты на планово-предупредительный ремонт и обслуживание (расход электроэнергии, запасные части, оплата ремонта и др.);

- неоптимальная возрастная структура кадрового потенциала сварочного производства;

- результаты контроля качества не подвергаются мониторингу, вследствие чего наблюдается повторение несоответствий;

- вследствие отсутствия модели процессов сварочного производства и детального мониторинга отсутствует анализ его результативности.

Таким образом, улучшение управления сварочным производ-

Процесс	Относительная весомость процесса	Группа свойств	Весомость группы свойств Y_i	Показатель свойств	Весомость показателя свойства r_i	Значение показателя свойства A_i	Комплексиро- ванный показа- тель группы свойств X_i	Локальный комплексиро- ванный показатель процесса L
A81.1	$n = 0,270$	1. Нормативная документация	$Y'_1 = 0,229$	Ведения карт технического уровня ЕСКД ЕСТД НД по сварочным работам Документации по СМК	0,05 0,25 0,19 0,21 0,30	0 0,63 0,68 0,70 0,90	$X'_1 = 0,710$	$L' = 0,690$
		2. Внешняя и внутренняя среда	$Y'_2 = 0,315$	Анализа требований потребителей Анализа базового образца Бенчмаркинга	0,45 0,32 0,23	0,75 0,67 0,20	$X'_2 = 0,660$	
		3. Конструкторско-технологический персонал	$Y'_3 = 0,456$	Квалификации Возрастного состава Наличия образования в области сварки Текущие кадров Переподготовки и повышения квалификации	0,40 0,10 0,35 0,05 0,10	0,87 0,53 0,60 0,95 1,00	$X'_3 = 0,760$	
A81.2	$m = 0,350$	1. Парк сварочного оборудования	$Y''_1 = 0,172$	Прогрессивности Загруженности Возрастного состава	0,45 0,18 0,37	0,30 0,55 0,50	$X''_1 = 0,420$	$L'' = 0,720$
		2. Производственный персонал (сварщики)	$Y''_2 = 0,183$	Квалификации Стажа работы Возрастного состава Текущие кадров Переподготовки и повышения квалификации	0,43 0,27 0,13 0,07 0,10	0,79 0,73 0,50 0,82 0,90	$X''_2 = 0,750$	
		3. Сварочные материалы	$Y''_3 = 0,183$	Использования Контролируемости Сертифицированности	0,32 0,42 0,36	0,85 0,67 1,00	$X''_3 = 0,900$	
		4. Производственная инфраструктура	$Y''_4 = 0,143$	Эргономики помещений Санитарно-гигиенического состояния рабочих мест Слаженности работы по обеспечению производства	0,32 0,35 0,33	0,60 0,82 0,65	$X''_4 = 0,700$	

Окончание таблицы

Процесс	Относительная весомость процесса	Группа свойств	Весомость группы свойств Y_i	Показатель свойств	Весомость показателя свойства r_i	Значение показателя свойства A_i	Комплексиро- ванный показа- тель группы свойств X_i	Локальный комплексиро- ванный пока- затель процесса L		
A81.2	$m = 0,350$	5. Удовлетворенность работников	$Y_5^I = 0,139$	Удовлетворенности заработной платой Удовлетворенности отношением руководства Удовлетворенности решением социально-бытовых вопросов Удовлетворенности условиями труда Удовлетворенности отношениями внутри коллектива	0,40	0,57	$X_5^{II} = 0,660$	$L^{II} = 0,720$		
					0,13	0,67				
					0,27	0,70				
					0,12	0,77				
			0,08	0,73						
A81.3	$k = 0,186$	6. Технология сборки и сварки	$Y_6^I = 0,180$	Прогрессивности Обновляемости Качества разработки КиТД Состояния дисциплины Обеспеченности КиТД	0,23	0,70	$X_6^{II} = 0,850$	$L^{III} = 0,695$		
					0,17	0,80				
					0,20	0,80				
					0,27	0,98				
			0,13	1,00						
A81.3	$k = 0,186$	1. Контрольно- измерительное оборудование	$Y_1^{III} = 0,280$	Обеспеченности Прогрессивности Обеспечения надежности измерений	0,30	0,67	$X_1^{I'} = 0,710$	$L^{III} = 0,695$		
					0,30	0,20				
					0,40	0,98				
					0,35	0,98				
			$Y_2^{III} = 0,405$	Уровня потерь от брака по вине сварки Уровня возмещения убытков по вине сварки	0,31	0,30	$X_2^{III} = 0,620$			
		Сдачи СК с первого предъявления	0,38	0,70						
A81.4	$f = 0,185$	3. Контролирующий персонал	$Y_3^{III} = 0,315$	Стажа работы Квалификации	0,40	0,80	$X_3^{III} = 0,860$	$L^{IV} = 0,200$		
					0,60	0,90				
					$Y_1^{IV} = 0,500$	1. Показатель результативности			$X_1^{IV} = 0,007$	
$Y_3^{IV} = 0,300$	3. Показатель автоматизации процесса мониторинга	$X_3^{IV} = 0,600$								
Примечание. Во всех случаях комплексированный показатель $K = 0,65$.										

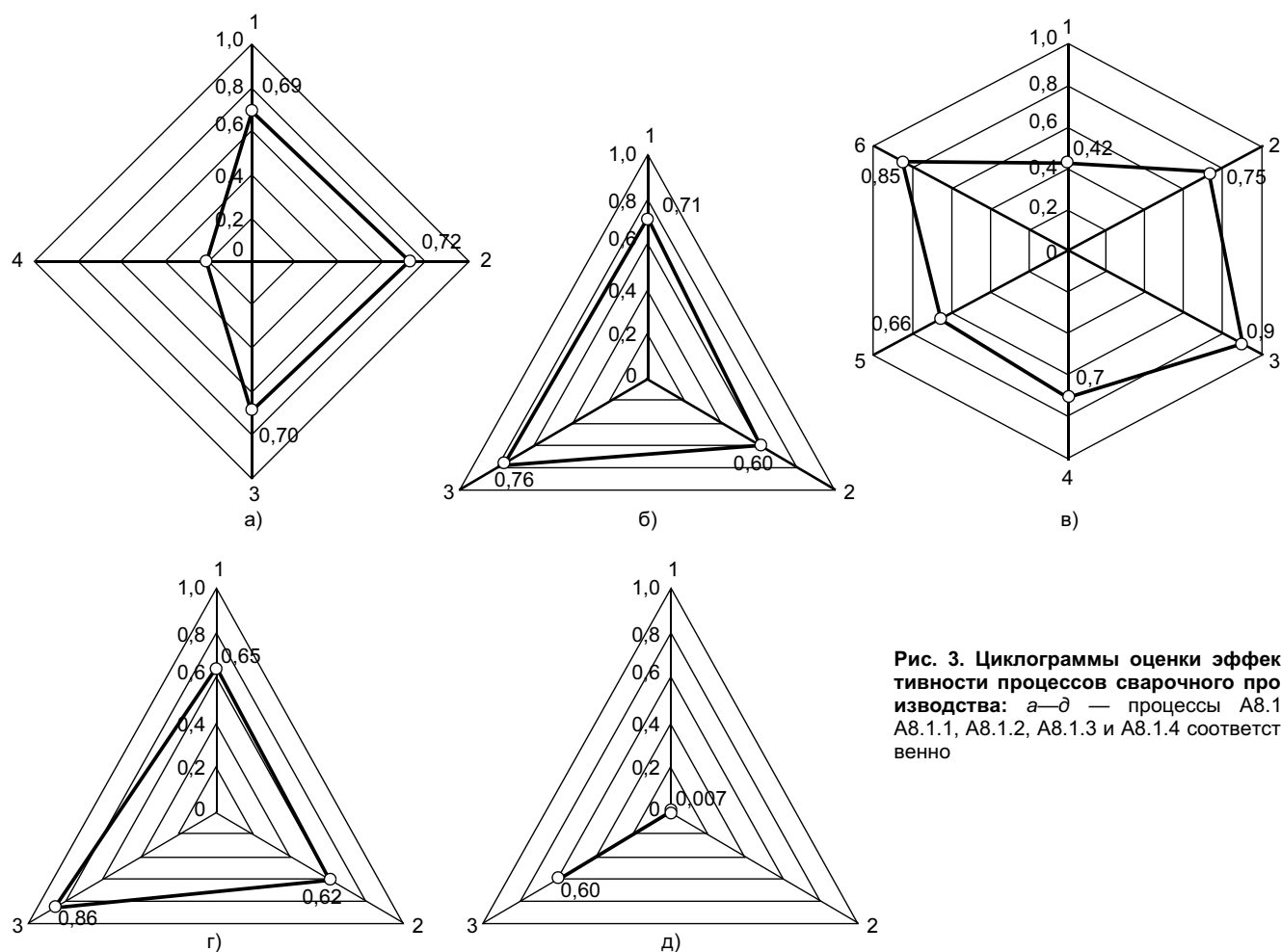


Рис. 3. Циклограммы оценки эффективности процессов сварочного производства: а—д — процессы А8.1, А8.1.1, А8.1.2, А8.1.3 и А8.1.4 соответственно

ством РУП "МАЗ" основано на процессном подходе с последующим мониторингом входов и выходов процессов, что ведет к повышению системности, способности быстро и адекватно реагировать на внешние воздействия и в конечном итоге улучшению качества сборки и сварки СК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бербасова Н. Ю., Основский В. А. Повышение качества сварочной продукции на основе создания интегрированных систем управления процессами // Вестник Могилевского

государственного технического университета. 2006. № 1. С. 18—23.

2. Серенков П. С., Ленкевич О. А., Курьян А. Г. Методика описания процессов системы менеджмента качества сварочного производства с использованием современных информационных технологий // Сварка и родственные технологии. Проблемы и пути повышения качества. Минск, 2005. С. 13—20.
3. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению: моделирование бизнес-процессов. М.: Стандарты и качество, 2005. 404 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 223 с.

Комплексная система контроля качества

Контроль качества материалов и полуфабрикатов, используемых при изготовлении изделий авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения, на предприятиях-поставщиках
Общие требования (ГОСТ Р 52745—2007)

Стандарт разработан Федеральным государственным унитарным предприятием "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" (ФГУП "ВИАМ"). Внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 323 "Авиационная техника". Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 сентября 2007 г. № 236-ст. Введен впервые. Дата введения 2008—01—01.

1. Область применения

Настоящий стандарт устанавливает функции представителей технических приемок (далее ТП), а также требования, предъявляемые ими в процессе приемки продукции на предприятиях-поставщиках. Стандарт устанавливает требования к:

- порядку контроля за технологическими процессами изготовления и качеством материалов и полуфабрикатов, в том числе сертифицированных;
- порядку проведения работ по освоению производства новых материалов и полуфабрикатов, выполняемых под контролем ТП;
- порядку реализации мероприятий по повышению уровня качества поставляемых материалов и полуфабрикатов, осуществляемых под контролем ТП;
- действиям ТП по приемке материалов и полуфабрикатов и их документальному сопровождению;
- действиям ТП по контролю качества материалов и полуфабрикатов при их хранении;
- порядку проведения контроля качества материалов и полуфабрикатов, поступающих на предприятия-изготовители авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения, специально уполномоченным органом, которому Федеральным органом исполнительной власти предоставлены полномочия в области контроля ка-

чества продукции на предприятиях-поставщиках, исключая поставку контрафактной продукции.

Стандарт устанавливает порядок работы ТП на предприятиях-поставщиках материалов и полуфабрикатов, используемых при изготовлении авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения.

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.563—96 "Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений";

ГОСТ Р 8.568—97 "Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения";

ГОСТ Р ИСО 9000—2001 "Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь";

ГОСТ 9.014—78 "Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования";

ГОСТ 9.510—93 "Единая система защиты от коррозии и старения. Полуфабрикаты из алюминия и алюминиевых сплавов. Общие требования к временной противокоррозионной защите, упаковке, транспортированию и хранению";

ГОСТ 9.511—93 "Единая система защиты от коррозии и старения. Полуфабрикаты из магниевых сплавов. Общие требования к временной противокоррозионной защите, упаковке, транспортированию и хранению";

ГОСТ 7566—94 "Металлопродукция. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение";

ГОСТ 15150—69 "Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия экс-

плуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды";

ГОСТ 24297—87 "Входной контроль продукции. Основные положения".

Примечание. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3. Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р ИСО 9000, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1. Техническая приемка (ТП): структурное подразделение специально уполномоченного органа, которому Федеральным органом исполнительной власти предоставлены полномочия в области контроля качества продукции на предприятиях-поставщиках.

3.2. Предприятие-изготовитель: предприятие-изготовитель авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения.

3.3. Предприятие-поставщик: предприятие-изготовитель ингредиентов, материалов и полуфабрикатов, используемых при производстве космической, авиационной, оборонной техники и техники двойного применения.

3.4. Предприятие-посредник: организация, выполняющая посреднические услуги по поставке материалов и полуфабрикатов.

3.5. Техническая документация (на продукцию): совокупность документов, необходимая и достаточная для непосредственного использования продукции на каждой стадии ее жизненного цикла.

3.6. Нормативная документация (НД): совокупность документов, устанавливающих требования к методам изготовления, контроля, испытаний и применения материала.

3.7. Сертификат (паспорт) на материал и полуфабрикат: сопроводительный документ на партию материала (полуфабриката), подтверждающий его соответствие требованиям НД.

3.8. Несоответствующая продукция: продукция, не соответствующая требованиям НД, включая продукцию, возвращенную предприятием-изготовителем.

3.9. Контрафактная продукция: продукция, поставленная предприятием-посредником, не соответствующая требованиям технической документации предприятия-поставщика.

3.10. Контроль точности технологического процесса: контроль технологического процесса, направленный на определение соответствия фактических показателей процесса установленным параметрам.

4. Основные положения

4.1. Основными функциями ТП на предприятиях-поставщиках являются:

— контроль технологических процессов изготовления и техническая приемка продукции металлургической, химической, нефтехимической и электротехнической промышленности, поставляемой по заказам предприятий-изготовителей, на соответствие требованиям НД;

— контроль изготовления продукции, в том числе функционирования системы менеджмента качества, обеспечивающей выпуск продукции, соответствующей требованиям НД;

— контроль качества изготовления материалов и полуфабрикатов, в том числе сертифицированных;

— контроль соблюдения требований НД и технологической документации к качеству материалов и полуфабрикатов;

— участие в претензионно-рекламационной работе с предприятиями-поставщиками и предприятиями-изготовителями и контроль разработки и выполнения мероприятий корректирующих и предупреждающих действий, выявленных в процессе проверок;

— контроль проведения работ по освоению производства новых материалов и полуфабрикатов;

— участие в проведении сертификационных работ и контроль изготовления сертифицированной продукции и производства.

4.2. При размещении заказов предприятиями-изготовителями на предприятиях-поставщиках контроль качества материалов и полуфабрикатов должна проводить ТП в соответствии с требованиями НД, указанными в договоре.

4.3. Предприятие-изготовитель или предприятие-посредник в спецификации, направляемой в адрес предприятия-поставщика, должны указать условия поставки материалов и полуфабрикатов с ТП или военным представительством Министерства обороны России.

4.4. Представители ТП должны осуществлять приемку продукции в соответствии с требованиями НД и технологической документации на данный вид продукции и на основании официальных извещений (уведомлений) отделов технического контроля (ОТК) предприятий-поставщиков на предъявление готовой продукции.

4.5. ТП должна:

- проводить техническую приемку ингредиентов, материалов и полуфабрикатов, предъявленных ОТК предприятия-поставщика на определение их соответствия требованиям НД и технологической документации;

- проводить инспекционный контроль состояния технологической дисциплины на предприятиях-поставщиках при выполнении заказов предприятий-изготовителей;

- доводить до сведения руководства предприятий-поставщиков обо всех выявленных нарушениях технологии производства материалов и полуфабрикатов и требовать их устранения;

- оформлять документы, удостоверяющие соответствие принятой продукции установленным требованиям;

- участвовать в процессе оформления документов, содержащих обоснование для предъявления претензий (рекламаций) поставщикам сырья, материалов и ингредиентов, забракованных при входном контроле и в процессе производства и испытаний;

- принимать участие в организации сбора и проведении анализа (обобщении) статистических и других данных о качестве продукции, принятой ТП;

- контролировать выполнение цехами и другими подразделениями предприятия-поставщика работы по изолированию несоответствующей продукции;

- проводить учет и регистрацию данных о качестве продукции, принятой ТП;

- принимать участие в совещаниях, проводимых на предприятиях-поставщиках по вопросам качества продукции, подлежащей контролю ТП, в организации серийного производства новых материалов и полуфабрикатов и внедрении новых технологических процессов;

- совместно с предприятием-поставщиком организовывать выезды представителей ТП на предприятия-изготовители для анализа претензий к поставщику в отношении качества принятых ТП материалов и полуфабрикатов;

- прекращать приемку материалов и полуфабрикатов в случаях неоднократного поступления рекламаций от предприятий-изготовителей на продукцию, невыполнения сроков плановых работ по устранению несоответствий качества принимаемой продукции, нарушений технологии производства материалов и полуфабрикатов, в том числе нарушений, связанных с маркировкой, консервацией, упаковкой и условиями хранения.

5. Входной контроль исходных материалов на предприятиях-поставщиках

5.1. Входной контроль качества исходных материалов и ингредиентов по ГОСТ 24297 должен проводить ОТК предприятия-поставщика при участии ТП, если это предусмотрено НД на данный вид продукции.

5.2. Перечень материалов и ингредиентов, подлежащих входному контролю, утвержденный руководителем предприятия-поставщика, должен быть согласован с ТП.

5.3. В перечне должны быть указаны номенклатура контролируемых материалов; объем, содержание и методы проведения контроля; сроки проведения контроля.

5.4. Предприятие-поставщик по согласованию с ТП должно разработать и поддерживать в рабочем состоянии утвержденные в установленном порядке методики контроля и проведения испытаний.

5.5. В методиках должны быть подробно изложены методы контроля и испытаний и приведены формы протоколов.

5.6. ОТК предприятия-поставщика должен передавать в производство принятые по результатам входного контроля исходные материалы и ингредиенты с соответствующей отметкой об этом в учетных или сопроводительных документах, согласованных с ТП.

5.7. ОТК предприятия-поставщика совместно с ТП должны проводить:

- проверку наличия сопроводительной документации, удостоверяющей качество продукции;

- внешний осмотр поставляемых материалов и ингредиентов;

- проверку соответствия и состояния маркировки, сопроводительной документации и НД;

- периодический контроль за соблюдением правил и сроков хранения продукции, указанных в технических условиях;

- накопление статистических данных о фактическом уровне качества получаемых исходных материалов, ингредиентов и т. д.

5.8. ТП должна контролировать средства измерений и испытательное оборудование, используемые при входном контроле.

5.9. Подразделение, получившее на испытания (анализ) выборки или пробы, должно проводить испытания в установленные сроки и выдавать подразделению входного контроля и ТП заключение о соответствии испытанных выборок или проб требованиям НД.

5.10. Результаты контроля и испытаний, подтверждающие проверку продукции, испытаний или анализов, предусмотренных НД, должны быть переданы ТП.

6. Контроль технологических процессов изготовления материалов и полуфабрикатов

6.1. Объем и периодичность контроля технологических процессов должны устанавливаться предприятием-поставщиком по согласованию с ТП в зависимости от вида материала или полуфабриката, состояния оборудования, продолжительности технологического процесса, результатов ранее проводимого контроля, а также анализа причин выявленных несоответствий.

6.2. В процессе контроля качества изготовления материалов и полуфабрикатов ТП должно осуществлять контроль за:

- ведением технологической документации;
- технологией изготовления подконтрольной продукции;
- проведением всех видов испытаний в соответствии с требованиями технологической документации;
- приемкой и оформлением продукции.

6.3. При контроле технологической документации ТП должна проверять своевременность и полноту ее корректирования, а также полноту и качество выполнения работ при сертификации продукции и производства.

6.4. Контроль качества изготовления материалов и полуфабрикатов ТП должна проводить непосредственно в цехах, на участках и на рабочих местах на всех стадиях их изготовления, включая маркировку, консервацию и упаковку.

6.5. ТП должна осуществлять контроль за проведением периодических испытаний материалов и полуфабрикатов в соответствии с требованиями технологической документации.

6.6. ТП должна осуществлять контроль за проведением поверки и калибровки средств измерения, контроля и оформления результатов поверки в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.563, ГОСТ Р 8.568 и другой НД.

6.7. С целью выполнения требований, предъявляемых к выпускаемой продукции, предприятие-поставщик по согласованию с ТП должно:

— разрабатывать программы качества (планы мероприятий по повышению качества материалов и полуфабрикатов);

— определять и приобретать необходимые средства контроля и технологическое оборудование (включая испытательное оборудование), технологическую оснастку, производственные ресурсы, а также навыки, которые могут понадобиться для достижения требуемого качества продукции;

— обеспечивать взаимосвязь процессов производства, обслуживания, контроля, а также методов испытаний и применяемой НД;

— при необходимости обеспечивать пересмотр и утверждение методов менеджмента качества, средств контроля и испытаний, включая разработку нового оборудования;

— обеспечивать контроль технологического процесса на ранних стадиях выпуска продукции, если адекватное подтверждение соответствия не может быть выполнено на более поздней стадии;

— разъяснять ОТК предприятия-поставщика нормы приемки, касающиеся всех характеристик и требований, включая те, которые содержат в себе элемент субъективности;

— проводить выбор субподрядчиков, способных соблюдать требования к качеству продукции;

— обеспечивать доступность получения НД на участках, где проводятся работы, от которых зависит эффективное функционирование системы менеджмента качества;

— осуществлять контроль за изъятием утративших силу документов или их непреднамеренному использованию.

7. Техническая приемка материалов и полуфабрикатов

7.1. На предприятии-поставщике приемке ТП должны подлежать материалы и полуфабрикаты, используемые при изготовлении авиационной, космической, оборонной техники и техники двойного применения, соответствующие требованиям действующей НД и технологической документации, прошедшие проверку полноты и качества оформления сопроводительной документации.

7.2. ТП должна проводить приемку готовой продукции на основании официальных извещений (уведомлений) о предъявлении ОТК предприятия-поставщика в соответствии с требованиями НД и технологической документации на материалы и полуфабрикаты.

7.3. При соответствии предъявляемых материалов и полуфабрикатов требованиям НД и технологической документации документ о качестве (сертификат, паспорт и т. п.), удостоверяющий качественные и количественные характеристики принятой продукции, должен быть оформлен в установленном порядке, иметь штамп ОТК предприятия-поставщика и номерную печать ТП.

7.4. При несоответствии материалов и полуфабрикатов требованиям НД ТП не должна принимать продукцию.

8. Контроль сертифицированного производства материалов и полуфабрикатов

8.1. При контроле сертифицированного производства ТП должна проверять:

- наличие перечня предъявленной продукции;
- наличие протоколов испытаний материалов и полуфабрикатов;
- состояние ТД на материалы и полуфабрикаты сертифицированного производства;
- состояние испытательных лабораторий, предусмотренное ТД;
- состояние метрологического обеспечения производства и испытаний материалов и полуфабрикатов;
- порядок рассмотрения и учета претензий и рекламаций;
- принимаемые меры по устранению несоответствий и повышению качества материалов и полуфабрикатов;
- порядок окончательной приемки материалов и полуфабрикатов и подтверждения их соответствия техническим условиям и НД;
- методы сбора, учета и анализа информации от предприятий-изготовителей;
- выполнение мероприятий по качеству принимаемой продукции;
- полноту устранения несоответствий, выявленных в процессе предыдущей проверки;
- контроль сертифицированной системы менеджмента качества;
- контроль изменений в системе менеджмента качества, которые могут повлиять на требуемый уровень качества материалов или полуфабрикатов, установленный при сертификации производства;
- оперативный контроль отдельных параметров технологического процесса изготовления материалов и полуфабрикатов.

8.2. ТП обязана принимать меры, вплоть до приостановки приемки продукции, с информированием об этом в установленном порядке руководства предприятия-поставщика в случае выявления не-

соответствия в технологии изготовления материалов и полуфабрикатов и качества продукции требованиям НД.

9. Контроль качества материалов и полуфабрикатов при их хранении на предприятиях-поставщиках

9.1. ТП должна проводить периодический контроль условий хранения материалов и полуфабрикатов, установленный в НД на поставку материалов, в том числе состояние консервации, тары и упаковки.

9.2. При отсутствии в НД на материалы указаний о периодичности контроля эти требования должны быть установлены на предприятии-поставщике по согласованию с ТП.

9.3. Периодический контроль качества материалов ТП должна проводить в процессе их гарантийного срока хранения с целью проверки сохраняемости показателей качества.

9.4. Контроль качества материалов и полуфабрикатов ТП должна проводить на соответствие требованиям следующих стандартов:

- маркировка, упаковка и хранение материалов — ГОСТ 7566;
- хранение материалов и полуфабрикатов с учетом воздействия климатических факторов — ГОСТ 15150;
- состояние хранилищ, условия закладки материалов и полуфабрикатов на хранение, их размещение и контроль при хранении — ГОСТ 9.510;
- противокоррозионная защита, упаковка и условия хранения материалов и полуфабрикатов из черных и цветных металлов — ГОСТ 9.510, ГОСТ 9.511, ГОСТ 9.014.

10. Претензионно-рекламационная работа

10.1. ТП должна участвовать в претензионно-рекламационной работе предприятия-поставщика и предприятия-потребителя материалов и полуфабрикатов в соответствии с требованиями действующей НД.

10.2. ТП для контроля за установленными в НД показателями качества материалов и полуфабрикатов должна проводить анализ поступающих претензий и рекламаций на подконтрольную продукцию.

10.3. ТП должна принимать участие в разработке, согласовании и выполнении планов-графиков проведения работ по устранению поступающих претензий и рекламаций на продукцию и определять степень достаточности реализуемых в производстве мероприятий по повышению качества продукции.

10.4. ТП на предприятии-поставщике должна проводить контроль и учет рекламационных актов, поступающих от предприятий-изготовителей на принятую продукцию.

10.5. Работа ТП по контролю и учету рекламационных актов должна быть направлена на недопущение появлений повторных несоответствий и исключения поставки предприятиям-изготовителям некачественных материалов и полуфабрикатов.

10.6. ТП обязана:

- осуществлять учет рекламационных актов и претензий, поступающих от предприятий-изготовителей на материалы и полуфабрикаты;

- определять динамику принятых и отклоненных рекламационных актов по кварталам и годам, знать причины их поступления;

- организовывать совместно с предприятием-поставщиком работу по обеспечению своевременного исследования отбракованных предприятием-изготовителем материалов и полуфабрикатов и замене забракованной продукции на продукцию требуемого качества и количества;

- осуществлять учет повторяющихся дефектов и совместно с предприятием-поставщиком, а, при необходимости, также с предприятиями-изготовителями контролировать выполнение корректирующих действий;

- совместно с предприятием-поставщиком уведомлять предприятие-изготовитель о проведении принятых корректирующих действий по недопущению возникновения подобных несоответствий в дальнейшем.

11. Контроль разработки новых материалов и полуфабрикатов и освоения их производства на предприятиях-поставщиках

При разработке на предприятии-поставщике новых материалов и полуфабрикатов и внедрении их в опытно-промышленное и серийное производство предприятие-поставщик и ТП должны определить:

- функции участников разработки, постановки на производство и снятия с производства материалов и порядок их взаимодействия;

- правила выполнения и приемки научно-исследовательской работы по разработке материала;

- порядок постановки материала на производство и снятия материала с производства;

- перечень и типовые формы документов, разрабатываемых в процессе научно-исследовательской работы по разработке материала, постановке материала на производство и снятию его с производства, порядок их согласования и утверждения.

12. Контроль качества материалов и полуфабрикатов, поступающих на предприятия, для исключения поставок контрафактной продукции

12.1. Специально уполномоченный орган, в состав которого входит ТП, должен проводить учет:

- номенклатуры материалов и полуфабрикатов, числа партий, принятых ТП на предприятиях-поставщиках;

- оформленных сертификатов (паспортов) на качество принимаемой продукции;

- сведений об отгрузке материалов (наименования предприятия-изготовителя и предприятия-посредника).

12.2. В процессе проверок предприятий-изготовителей и предприятий-посредников специально аккредитованный орган на проведение данного вида деятельности должен осуществлять контроль легитимности получения материалов и полуфабрикатов, их дальнейшего использования в системе логистики и возможности применения в производстве на предприятиях-изготовителях.

12.3. В случае выявления материалов и полуфабрикатов с несоответствующими сопроводительными документами данная продукция должна быть изолирована до выяснения причин несоответствия.

12.4. На предприятиях-посредниках специально аккредитованный орган на проведение данного вида деятельности должен проверять:

- наличие системы, обеспечивающей условия хранения и транспортирования материалов по ГОСТ 15150;

- наличие документации на приобретаемые и реализуемые ингредиенты, материалы и полуфабрикаты;

- наличие лицензии на перевозку грузов автомобильным транспортом в соответствии с требованиями Федерального закона от 8 августа 2001 г. № 128-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности" (статья 17);

- наличие подготовленного и аттестованного персонала.

12.5. Предприятия-поставщики, предприятия-изготовители и предприятия-посредники должны оказывать содействие представителям ТП в проведении работ по п. 12.2 и 12.4.

Ссылка на данный материал как официальный документ не допускается

А. А. ГЛЕБОВ, аспирант
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Методика гармонизации стандартов России и API на продукцию нефтегазового машиностроения

Актуальность задачи гармонизации стандартов нефтегазового машиностроения России с международными возрастает, особенно ввиду предстоящего вступления России в ВТО. Между тем методические документы государственного или отраслевого уровня, определяющие принципы и способы гармонизации, пока отсутствуют. В данной работе предпринята попытка найти пути решения этой задачи на примере сопоставления стандарта РФ

ГОСТ 20692—2003 и Спецификации 7 (API Spec 7) "Буровые и колонковые долота" Американского нефтяного института, регламентирующих технические требования к шарошечным долотам. При этом использован метод квалитетического анализа (КА), применяемый для решения аналогичных сложных задач машиностроения. Проверка возможности применения КА в решении данной задачи была дополнительной целью работы.

Таблица 1

Параметр	ГОСТ 20692—2003	API Spec 7
Размер	Размерный ряд шарошечных долот содержит 42 позиции: от 76 до 508 мм	Размеры буровых долот не регламентированы и должны быть выполнены с размерами, определенными в заказе на поставку
Допуск на диаметр долота	Допуск (мм) на наружный диаметр шарошечных долот (мм): +0,6 +0,8 +1,6 +2,4	Допуск (мм) для долот диаметром (мм): +0,8—0 +1,6—0 +2,4—0
Резьбовое соединение	Резьбовые соединения ниппельные, кроме шарошечных долот большого диаметра, где разрешено также муфтовое соединение	Резьбовые соединения только ниппельные (189). Допуски на шаг и конусность резьбы не распространяются на резьбу долота. Допуски на длину ниппеля долота составляют 1/2 дюйма (12,7)
Герметичность системы промывки	Герметичность должна быть обеспечена для долот диаметром до 190,5 мм при давлении 5 МПа, большего диаметра — 7,85 МПа	Не регламентирована
Допуски расположения шарошек относительно резьбового соединения	Установлены нормы точности для разноразмерности шарошек относительно упорного уступа и радиальное биение шарошек относительно оси резьбы в зависимости от типа и диаметра долот	Точность расположения шарошечных долот не регламентирована
Тип и маркировка	Маркировка должна содержать (на пояске муфты): — товарный знак предприятия-изготовителя; — условное обозначение долота; — обозначение присоединительной резьбы; — порядковый номер долота по системе изготовителя; — дату изготовителя; — ОТК Типы долот маркируются по: — твердости пород (М, С, Т, К, ОК) — видам зубков (З, С, К) — абразивности Обозначения: М — со стальными зубьями для бурения мягких пород; МЗ — с твердосплавными зубками для бурения мягких абразивных пород; МС — со стальными зубьями для бурения мягких пород с пропластками средней твердости; МЗС — с твердосплавными зубками для бурения мягких абразивных пород с пропластками средней твердости; С — со стальными зубьями для бурения пород средней твердости; СЗ — с твердосплавными зубками для бурения абразивных пород средней твердости; СТ — со стальными зубьями для бурения пород средней твердости с пропластками твердых; Т — со стальными зубьями для бурения твердых пород; ТЗ — с твердосплавными зубками для бурения твердых абразивных пород; ТК — со стальными зубьями и твердосплавными зубками для бурения твердых пород с пропластками крепких; ТКЗ — с твердосплавными зубками для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких; К — с твердосплавными зубками для бурения крепких пород; ОК — с твердосплавными зубками для бурения очень крепких пород	Маркировка должна содержать (кроме сборочного пояса): — идентификационный знак; — размер долота; — знак "Spec 7" (или API); — размер резьбового соединения; — знак "REG" Типы долот маркируются по способу фирмы-изготовителя

Таблица 2

Параметр	Оценка значимости расхождений
Размер	ГОСТ 20692—2003 представляется более рациональным, так как он конкретизирован, включает достаточно подробный размерный ряд — 42 типоразмера. Это уменьшает расходы на оснастку и переналадку оборудования изготовителя. Если даже размерный ряд не содержит нужного значения, то по заказу потребителя (в соответствии с техническими условиями) допускается изготовление долот с требуемыми размерами
Допуск на диаметр долота	Допуски на диаметр долота в системах ГОСТ 20692—2003 и API Spec 7 совпадают. Поэтому необходимо полностью перейти на заграничные нормативы. При этом допуски на обсадные трубы (в сторону увеличения) необходимо также взять заграничные (они также практически совпадают)
Резьбовое соединение	Резьбовое соединение для шарошечных долот регламентируется стандартом РФ ГОСТ 28487—90. Профиль, размеры и допуски определяются действующим ГОСТ Р 50864—96. Требования ГОСТ 20692 (п. 4.3 и 4.4) значительно превышают американские в отношении точности и качества присоединительной резьбы. Конструкция внутриконической резьбы для долот большого диаметра более технологична, следовательно, проще и надежнее. Поэтому ГОСТ 20692—2003 обеспечивает более экономичное изготовление и надежность резьбовых соединений
Герметичность системы промывки	ГОСТ 20692—2003 регламентирует испытания на проверку герметичности гидромониторных промывок узла и швов. Также приведены требования к насадкам в гидромониторных долотах с боковой промывкой. Проверка герметичности необходима и проводить ее по-разному нельзя. Следовательно, ГОСТ РФ предпочтительнее
Допуски расположения шарошек относительно резьбового соединения	Требования ГОСТ 20692—2003 к разновысотности шарошек относительно упорного уступа и радиального биения шарошек относительно оси резьбы необходимы. При отсутствии этих требований шарошки могут располагаться на разных уровнях, что приведет к уходу бура в сторону, его заклиниванию и поломке
Тип и маркировка	Требования ГОСТ 20692—2003 и API Spec 7 в основном совпадают. Но в ГОСТе содержатся требования к техническому контролю. Кроме того, ГОСТ в отличие от API регламентирует типы шарошечных долот в зависимости от породы по расположению и конструкции промывочных и продувных узлов и опор шарошек

Как известно, квалиметрический анализ¹ включает выполнение ряда экспертных операций, последовательно осуществляющих выявление существующих недостатков объекта, оценку их значимости и определение способов устранения. В данном случае предварительным шагом к решению задачи гармонизации стало выявление основных расхождений указанных стандартов, что послужило ориентирующей информацией для экспертов, оценивающих их значимость на первом этапе КА.

На первом этапе опроса были получены качественные (вербальные) оценки значимости расхождений и после их обобщения на втором этапе опроса выполнено их обсуждение и выработаны предварительные рекомендации по сближению стандартов. На третьем этапе опроса были окончательно сформулированы предложения по гармонизации стандартов. На каждом этапе в работе участвовали шесть экспертов — сотрудники РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, ВНИИ буровой техники и представители производственного предприятия.

За рубежом (практически во всех странах) при производстве и потреблении нефтегазового оборудования применяют стандарты API. Стандарты API включают собственно стандарт (Standart), технические условия (Spec), практические рекомендации (RP) и бюллетень (Bull). На буровые шарошечные долота распространяется единственный документ (спецификация) — API Spec 7 "Технические усло-

вия на элементы бурового инструмента для роторного бурения".

В разделе 7 данного документа содержатся сведения о буровых и колонковых долотах. Поскольку в России действует межгосударственный стандарт ГОСТ 20692—2003 "Долота шарошечные. Технические условия", то именно документ API Spec 7 был выбран для сопоставления.

ГОСТ 20692—2003 регламентирует следующие показатели долот: типы и их обозначения; размерный ряд; допуски на изготовление; параметры и допуски резьбовых соединений и герметичность системы промывки.

Общий ход работ по гармонизации был следующим.

1. Формировали экспертную группу из пяти человек — специалистов в области изготовления и эксплуатации бурового оборудования.
2. Экспертам была предоставлена ориентирующая информация относительно расхождений в требованиях, содержащихся в указанных документах.
3. Эксперты независимо друг от друга выдвигали свои предложения по каждому пункту расхождений в направлении их устранения или гармонизации.
4. По результатам опроса было проведено обсуждение, получены обобщенные оценки по регламентируемым показателям и рекомендации по гармонизации.

Основные различия в требованиях ГОСТ РФ 20692—2003 и API Spec по этим показателям приведены в табл. 1.

В табл. 2 приведены вербальные оценки значимости расхождений и рекомендации по гармонизации.

¹ Методы квалиметрии в машиностроении / Р. М. Хвастунов, О. И. Ягелло, В. М. Корнеева, М. П. Поликарпов М.: Национальный институт нефти и газа, 1999. 270 с.

ВЫВОДЫ

1. Применение методов квалиметрического анализа позволило выявить и оценить значимость расхождений в гармонизируемых стандартах и выработать рекомендации в отношении дальнейших действий.

2. Как показала выполненная работа, ГОСТ 20692—2003 по некоторым позициям содержит бо-

лее жесткие требования, чем API Spec 7, т. е. может быть непосредственно признан соответствующим мировому уровню без доработки.

3. После апробации квалиметрического анализа с целью гармонизации других стандартов нефтегазового машиностроения представляется целесообразной разработка проекта методических материалов по решению задачи гармонизации стандартов подотрасли.

Внимание! Информация

Машиностроители и ректоры вузов России объединяются

6 марта 2008 г. генеральный директор Государственной корпорации "Ростехнологии", председатель Союза Машиностроителей России С. В. Чемезов и президент Российского союза ректоров, ректор МГУ им. М. В. Ломоносова В. А. Садовничий подписали Соглашение о партнерстве между Союзом машиностроителей России и Российским союзом ректоров.

Основная цель Соглашения — создание договорно-правовой базы для решения вопросов подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов в интересах отечественного машиностроения, в том числе и оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

В целях привлечения в эту сферу талантливой молодежи, поддержки научно-технического творчества школьников, одаренных студентов, молодых ученых, специалистов и профессорско-преподавательского состава Соглашение предусматривает развитие практики именных стипендий и грантов, образовательного кредитования студентов учреждений высшего профессионального образования и других современных форм финансирования высших учебных заведений.

Стороны взяли на себя также обязательства оказывать взаимное содействие в проведении исследований и мониторинга рынка труда для определения потребности машиностроения и смежных отраслей в квалифицированных кадрах; профессиональной ориентации студентов путем развития системы ознакомительной, производственной и преддипломной практики и трудоустройстве молодых специалистов; развитии корпоративных университетов, базовых кафедр, внутрифирменных форм обучения кадров и системы послевузовской профессиональной подготовки.

Соглашение является важным практическим шагом по выполнению решений расширенного заседания Бюро Центрального совета Общероссийской общественной организации "Союз машиностроителей России", состоявшегося в декабре 2007 г. под председательством Д. А. Медведева.

В ходе обсуждения подписанного Соглашения был поднят вопрос о государственной поддержке и механизмах стимулирования кадров для машиностроения и смежных отраслей промышленности.

В целях обеспечения постоянного притока специалистов в сферу управления ГК "Ростехнологии" 13.12.2007 г. подписала соглашение о стратегическом партнерстве с МГИМО, основной целью которого является подготовка, переподготовка и повышение квалификации специалистов в интересах отечественного ОПК и реализация государственной политики в области военно-технического сотрудничества Российской Федерации с иностранными государствами. В соответствии с данным Соглашением в сентябре 2009 г. в составе факультета "Международные экономические отношения" начнет работать новая кафедра МГИМО "Менеджмент в области военно-технического сотрудничества и оборонно-промышленного комплекса". Аналогичную кафедру, только по маркетингу продукции военного назначения, ГК "Ростехнологии" планирует создать в структуре МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Пресс-служба ГК "Ростехнологии"

Н. В. ДОРОШЕНКО, канд. техн. наук

Московский государственный институт стали и сплавов

Вентиляция участков газовой резки металлолома

Переработкой металлолома в РФ занимаются около 1000 цехов и участков Вторчермета и копро-вые цеха металлургических предприятий. Пред-приятия Вторчермета расположены практически во всех крупных и средних по населению городах, в ос-новном на территории, непосредственно соприка-сающейся с жилыми массивами. Объемы перера-ботки лома газовой резкой довольно значительные.

Газовая резка связана с тяжелыми условиями тру-да: в окружающую среду выделяется значительное количество пылегазовыделений, содержащих токсичные неорганические и органические соединения. Выделяющийся аэрозоль характеризуется наличи-ем высокодисперсной пыли, количество которой колеблется в широком диапазоне в зависимости от марки стали. В выбросах могут содержаться компо-ненты, входящие в состав различных покрытий, не-металлических включений. Этому способствуют также загрязнения, встречающиеся на поверхности лома или присутствие в ломе горючих веществ. На-пример, при разделке отслуживших свой срок судов, окрашенных свинецсодержащими красками, в соста-ве выбросов содержатся высокотоксичные соеди-нения свинца, могут присутствовать фенол, бензол, толуол, ксилол и пр. [1].

На судоразделочных предприятиях проблема обеспечения нормальных условий труда является важной как в экологическом плане, так и с точки зре-ния повышения производительности труда. Раздел-ку судов производят в основном ручными газовыми резаками, операции мало механизированы. Про-цесс разделки крупного судна по времени соизмерим с продолжительностью постройки и занимает не-сколько лет. При работе в закрытых отсеках судов превышение ПДК по свинцу в воздухе рабочей зо-ны газорезчика достигает 2,5 тыс. раз, на открытых площадках — сотен раз (400—500), достигая уровня ПДК лишь в пределах около 100 м от места резки.

В связи с этим высока заболеваемость газорезчи-ков, низка производительность труда, культура про-изводства, соответственно низок престиж профес-сии. Газовая резка в настоящее время не может быть полностью ликвидирована и заменена более совершенными технологическими процессами. Одна-ко проблема защиты окружающей среды и улучшения условий труда газорезчиков решается с использова-нием установок улавливания и очистки выбросов.

В сварочном производстве вопросам улавлива-ния компонентов сварочного аэрозоля уделяют дос-таточное внимание, хотя объем выбросов зачастую

ниже и токсичность не выше, чем в процессах газо-вой резки. Известны многочисленные разработки устройств, позволяющих почти полностью улавли-вать образующиеся вредные выбросы при относи-тельно невысоких затратах энергии и мощности оборудования [2].

Простота решения заключается в том, что при сварке образующиеся выбросы распространяются в пространстве на внешней стороне обрабатываемой детали, где их достаточно легко локализовать. При газовой резке образующиеся пылегазовыделения распространяются как над разрезаемой заготовкой, так и под ней, что усложняет задачу. Кроме того, сварочные работы выполняются зачастую на спе-циально оборудованных постах, в то время как раз-делка металлолома ведется на больших по терри-тории площадках газовой резки или непосредст-венно на самих объектах.

В результате совместной работы, проведенной Институтом по переработке вторичных черных ме-таллов (НИПИвторчермет, Липецк) и Институтом охраны окружающей среды в черной металлургии (НИПИ "Энергосталь", Харьков), разработано обо-рудование для улавливания и отвода от места реза выбросов.

Оборудование участков газовой резки подре-шеточным отсосом. Для разделки лома участки га-зовой резки оборудуют установками подрешеточного отсоса выбросов (рис. 1, а). Анализ работы данного оборудования показывает, что его использование не нарушает ход технологического процесса пере-работки лома и вместе с тем значительно улучшает условия труда газорезчиков. Процесс разделки ло-ма происходит следующим образом. Участок газо-вой резки оборудуют приямком, накрытым сверху чугунными решетками. Приямок делится на не-сколько секций, каждая площадью 4—5 м², свобод-ное сечение одной секции 1,9—2,0 м². Через сво-бодное сечение решетки осуществляется вытяжка

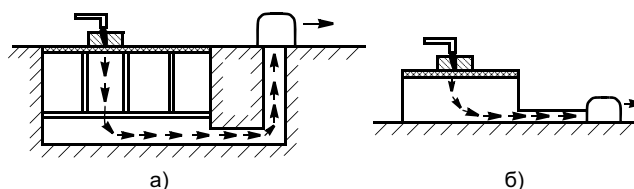


Рис. 1. Вентиляционная решетка улавливания выбросов газовой резки: а — приямок с подрешеточным отсосом; б — отсасывающий короб

продуктов резки с помощью центробежного вентилятора. Перед началом резки включается вентиляционная установка. Образующиеся при резке выбросы через решетку отводятся от места реза в прямом и по вентиляционному каналу направляются в общий коллектор, откуда удаляются в вытяжную трубу или поступают на очистные сооружения. Вентиляция может производиться от всей площади или посекционно от секций, на которых непосредственно производится резка, при этом повышается эффективность улавливания выбросов.

Результаты проведенных исследований показывают, что для эффективного отсоса выбросов скорость движения воздуха в сечении решетки должна составлять около 3 м/с. Практически удобнее работать на двух секциях решетки. Объемный расход отсасываемого воздуха определяется по скорости движения воздуха и площади свободного сечения решетки. Рекомендуемая производительность вентилятора составляет 60 тыс. м³/ч.

При резке крупногабаритного лома на свободной решетке содержание пыли в зоне дыхания газорезчика ниже ПДК (4 мг/м³) и составляет 1,4 мг/м³, в то время как при отключенной вентиляции — 175,4 мг/м³ (выше ПДК в 44 раза). На заваленной ломом решетке концентрация пыли при резке с вентиляцией несколько выше, однако находится на уровне ПДК и составляет 4,9 мг/м³ (без вентиляции — 108,8 мг/м³). Содержание монооксида углерода в воздухе рабочей зоны без вентиляции значительно превышает ПДК (6 мг/м³) и составляет 150 и 75 мг/м³ на свободной и заваленной ломом решетке соответственно, в то время как при работающей вентиляции вообще не обнаруживается. Таким образом, удобнее работать на свободной от лома решетке, при этом эффективность улавливания выбросов выше. Скорость движения воздуха на расстоянии 100—150 мм от решетки составляет 1,6—1,8 м/с, что находится в пределах допустимых санитарных норм.

Установки подрешеточного отсоса выбросов газовой резки работают на ряде предприятий переработки металлолома АО "Втормет".

Оборудование отсасывающего короба для газовой резки лома. Принцип действия оборудования аналогичен подрешеточному отсосу, производительность вентиляционной установки значительно ниже — около 10 тыс. м³/ч. Участок газовой резки оборудован отсасывающим коробом, верхняя часть которого накрыта чугунной решеткой, через нее осуществляется вытяжка образующихся при газовой резке выбросов (рис. 1, б).

Отобранный и подготовленный к разделке газовой резкой металлолом с помощью кранового оборудования подают на решетку, где производят его разделку. При этом размер рабочей площадки значительно меньше, чем при оборудовании всего уча-

стка газовой резки подрешеточным отсосом. Это позволяет использовать вентилятор меньшей производительности. Для повышения эффективности улавливания выбросов рекомендуется накрывать решетку листами металла, оставляя небольшое свободное сечение вокруг разрезаемого объекта.

Замеры запыленности показывают, что концентрация пыли на рабочем месте газорезчика составляет 4,4—6,0 мг/м³, т. е. находится в пределах ПДК (4 мг/м³). При резке без вентиляции содержание пыли в воздухе рабочей зоны составляет 175—180 мг/м³, следовательно, от рабочего места удаляется до 95 % выбросов.

Устройство вентиляции с помощью вытяжного зонта. Оборудование участков газовой резки зонтом для улавливания пылегазовыделений используют в помещениях и на площадках, когда его расположение не мешает технологическому процессу разделки лома. Эффективность улавливания в значительной мере зависит от расположения зонта над зоной резки, так как выделяющиеся дымовые газы распространяются в разные стороны и увеличение расстояния между зонтом и зоной образования выбросов увеличивает подсос в систему атмосферного воздуха, снижает эффективность улавливания. Для устранения прохождения отсасываемых запыленных газов вверх через зону дыхания газорезчика и повышения эффективности установки вытяжной зонт совмещают с вентилятором. Направленное движение воздуха способствует отводу выбросов из зоны дыхания газорезчика и попаданию их в вытяжное устройство (рис. 2, а).

Совмещение зонта с поворотным воздухопроводом, обеспечивающим горизонтальное перемещение, повышает удобство обслуживания. Максимальная эффективность работы оборудования достигается при использовании поворотно-подъемных конструкций вытяжных зонтов, позволяющих перемещать зонт в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Соединение отсоса с воздухоотводящим трактом осуществляется гофрированным воздухопроводом. Эффективность улавливания выбросов составляет около 75 %.

Оборудование участка механизированной резки камерой-укрытием. Камеру-укрытие используют при разделке крупногабаритного лома большой толщины с помощью манипуляторов газовой резки. Объемы выделяющихся при механизированной резке выбросов довольно значительные, при этом происходит загрязнение как рабочей зоны, так и окружающей среды [1]. Обострение экологической ситуации в ряде регионов требует использования высокоэффективных устройств улавливания и очистки выбросов.

Применение камеры-укрытия обеспечивает более высокую, чем при зонтах, эффективность улав-

ливания при меньшем количестве отсасываемого воздуха. При этом резку выполняют в герметичной камере, из которой с помощью вентиляционной системы отводятся пылегазовыделения. Аналогичные системы используют при резке слябов в прокатных цехах металлургических заводов.

Повышение эффективности оборудования с минимальным разбавлением подсосываемым через неплотности воздухом (менее 100 раз) достигается при совмещении камеры-укрытия с механизированным стендом, позволяющим перемещать разделяемый объект относительно резака (рис. 2, б). Производительность вентиляционной установки для отвода выбросов составляет около 30 тыс. м³/ч. Улавливаемые дымовые газы направляются на очистные сооружения.

Экологичная технология разделки судов. Технология разработана для первичной разделки корпусов судов, в частности подводных лодок, на крупногабаритные части с использованием манипулятора газовой резки. Опробована на Крымской судоразделочной базе совместно с НИПИ "Энергосталь" и НИПИвторчерметом. Устройство местной вентиляции при разделке судов позволяет значительно ускорить работы по газовой резке.

В качестве улавливающего элемента используют полость корпуса судна или подводной лодки, отделенную от остального корпуса переборками и переборками. На время отделения от корпуса этого элемента внутренняя полость соединяется с воздуховодом, транспортирующим выбросы на очистку (рис. 3).

Перед началом резки герметично закрывают дверь торцевой, со стороны резки, переборки и все верхние люки, при этом дверь переборки, отделяющей от лодки отрезанную секцию, и все последовательно размещенные по тракту до воздуховода двери открывают. Через отверстие в корпусе подсоединяют воздуховод к последнему по ходу пыле-

газовыделений отсеку, отделенному переборкой с закрытой дверью. Резку корпуса выполняют непосредственно за закрытой переборкой. По мере резки обшивки все образующиеся выбросы локализируются в полости разрезаемого отсека между закрытой и открытой переборками, затем отводятся на очистку последовательно через полости отсеков и открытые двери переборок, образующие газоотводящий тракт. Для уменьшения подсосов атмосферного воздуха образующуюся щель длиной более 1 м герметизируют тканью, бумагой. При данной схеме улавливаются практически все вредные компоненты резки и горения органических деталей судна. Количество улавливаемых выбросов определяется расходами на резку кислорода и газа, объемом отсасываемого воздуха через разрезаемую щель и неплотности. Необходимая скорость прохождения воздуха через щель внутри корпуса с учетом подсосов атмосферного воздуха составляет 60 м/с. Учитывая недостаточную герметичность и 7—10-кратное разбавление выбросов по воздухоотводящему тракту, производительность вентиляционной установки составляет около 25 тыс. м³/ч.

Очистка воздуха с использованием фильтровентиляционных установок (ФВУ). Установки предназначены для улавливания и очистки воздуха, загрязненного пылью и газами, образующимися при газовой резке. Эффективность данного оборудования заключается в возможности применения вытяжного устройства вместе с фильтрами для очистки выбросов. Малогабаритные передвижные ФВУ позволяют производить высокоэффективное улавливание и очистку воздуха за счет максимального приближения отсасывающего пылегазоприемника к месту реза, отвода дымовых газов через гибкий воздуховод и прохождения их через малогабаритные фильтры [3].

Процесс очистки воздуха при газовой резке осуществляется следующим образом. Непосредствен-

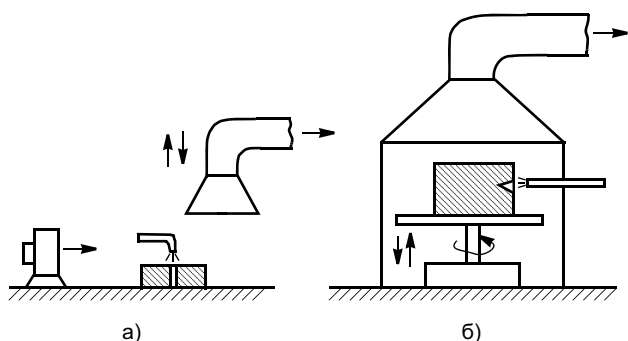


Рис. 2. Вытяжное устройство разделки металлолома: а — вытяжной зонт; б — камера-укрытие для механизированной резки

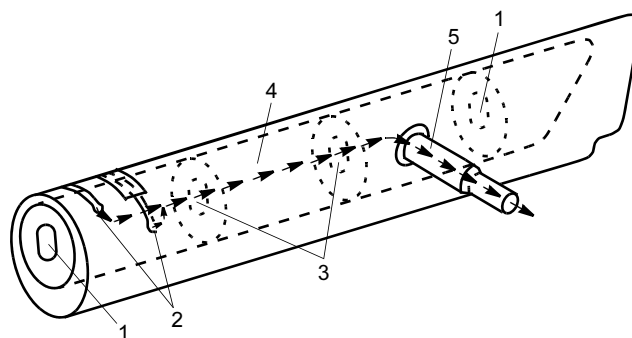


Рис. 3. Улавливание выбросов при разделке судов: 1 — закрытые переборки; 2 — места газовой резки; 3 — открытые переборки; 4 — корпус разрезаемого судна; 5 — воздуховод отвода выбросов

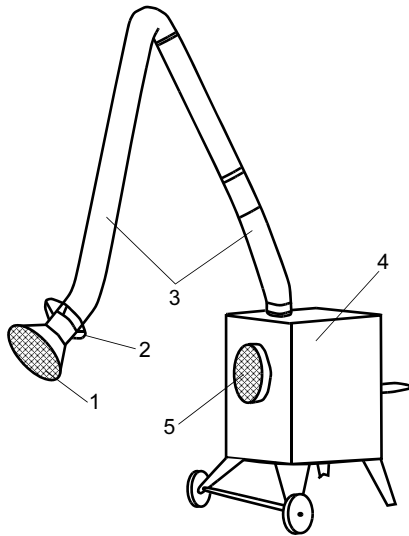


Рис. 4. Передвижная малогабаритная фильтровентиляционная установка: 1 — вытягивающая воронка; 2 — кольцо захвата; 3 — гибкий рукавный воздухопровод; 4 — фильтровентиляционный агрегат с малогабаритными фильтрами; 5 — выход очищенного воздуха

но у места резки устанавливают пылегазоприемник. Он представляет собой воздухоприемную воронку, присоединенную к гибкому шлангу, имеющему внутри жесткую конструкцию, позволяющую фиксировать любое его положение в пространстве (рис. 4).

Выделяющиеся в зоне резки выбросы вместе с воздухом отсасываются вентилятором по гибкому шлангу и подаются на фильтры, находящиеся в установке, где происходит очистка воздуха. Очищенный воздух удаляется из установки.

Фильтровентиляционный агрегат комплектуется гибким рукавным воздухопроводом с вытягивающей воронкой. В зависимости от исполнения возможна комплектация двумя воздухопроводами для обслуживания двух постов газовой резки. Существуют многопостовые варианты установок (до четырех одновременно обслуживаемых рабочих мест). Гибкий рукав легко перемещается и фиксируется в пространстве, занимая необходимое положение. Вытягивающая воронка подвижна, точно устанавливается в желаемой позиции, что позволяет располагать ее непосредственно возле места реза. Она поворачивается на 90° во всех направлениях, снабжена кольцом захвата, позволяющим легко перемещать и снимать ее при необходимости.

Очистка воздуха в агрегатах ЕМК-1400, ЕМК-1600 — двухступенчатая. Первая ступень — фильтр предварительной (грубой) очистки из синтетического волокна с возрастающей (по ходу движения воздуха) плотностью, вторая — тонкая очистка с помощью механического или электростатического фильтра промышленного назначения. Конструкция фильтров позволяет взаимозаменять ступени тонкой очистки в зависимости от необходимых условий.

Применение ФВУ позволяет решать проблемы защиты окружающей среды и обеспечения нормальных условий труда газорезчиков с минимальными затратами. Упрощение транспортной системы отвода выбросов и последующей их очистки снижает капитальные затраты на весь комплекс воздухоочистного оборудования и не создает помех в технологическом процессе.

Техническая характеристика установок ЕМК-1400, ЕМК-1600

Производительность по отсасываемому воздуху, м ³ /ч	1400, 1600
Диаметр воздухопровода, мм	160
Радиус зоны обслуживания, м:	
минимальный	0,5
максимальный	4,0
Угол поворота воздухоприемного рукава (в плане), градус	360
Число степеней свободы воздухоприемной воронки	3
Температура отсасываемого воздуха, °С	Не более 150
Источник электропитания (напряжение), В	220
Эффективность очистки от пыли, %	Не менее 99,0
Уровень шума, дБ (А)	Не более 65

ФВУ отвечают всем требованиям экологической защиты рабочего места. Содержание пыли и газов в воздухе, подвергшемся очистке, на уровне ПДК согласно СНиП 2.04.05—85 "Отопление, вентиляция и кондиционирование". Уровень шума при работе установки — в пределах санитарных норм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорошенко Н. В. Анализ состава пылегазовых выделений при газовой резке металлолома // Сталь. 1997. № 7. С. 74—76.
2. Рошупкин Н. П. Устройство местной вентиляции при сварочных работах // Безопасность труда в промышленности. 1997. № 3. С. 33—36.
3. Дорошенко Н. В. Проблемы экологии при переработке вторичных черных металлов // Металлург. 1997. № 5. С. 12—14.

Н. Е. КУРНОСОВ, д-р техн. наук, Т. И. ШЕРСТОБИТОВА, канд. экон. наук,
А. В. ТАРНОПОЛЬСКИЙ, канд. техн. наук
Пензенский государственный университет

Проблемы коммерциализации вихревых устройств для распыления жидкостей

Одним из направлений развития энергосберегающих технологий в последнее время становится промышленное применение вихревых теплоэнергетических устройств. Вихревое движение потоков газа и жидкости сопровождается различными физическими эффектами, среди которых можно выделить нагрев или охлаждение, перемешивание и диспергирование разнородных рабочих сред. В связи с интенсивными процессами тепло- и массопереноса, происходящими в вихревых потоках газов и жидкостей, вихревые устройства применяют в различных отраслях народного хозяйства в качестве вихревых охладителей воздуха, горелок, гидравлических теплогенераторов, распылителей и др. Анализ существующих конструкций вихревых преобразователей энергии и областей их практического применения показал ряд преимуществ вихревых устройств перед существующими теплоэнергетическими устройствами. К наиболее перспективным областям применения вихревых диспергаторов-распылителей жидкостей относят технологии вихревой подготовки и подачи в зону резания при механической обработке материалов смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) в виде воздушно-жидкостного аэрозоля. Комплекс вихревых устройств обеспечивает эффективное приготовление и подачу в зону резания СОТС, совмещенные с их активацией, которая имеет ряд преимуществ перед традиционно применяющимися способами подачи СОТС и обеспечивает ресурсосбережение за счет повышения производительности обработки, снижения затрат энергии, повышения стойкости инструмента и т. д.

В настоящее время отсутствуют универсальные устройства распыления жидкости в связи со сложностью,

а зачастую и невозможностью получения требуемых функциональных характеристик. Основные требования, предъявляемые к процессу распыления, связаны с необходимостью однородного и мелкого диспергирования при различных расходах материала. Так, например, для обеспечения быстрого испарения криогенных жидкостей в специальных аппаратах для получения аэрозолей или тумана в замкнутых объемах климатических камер при получении чистых веществ в практике лабораторных исследований требуется мелкодисперсное распыление малого количества жидкости.

Многообразие требований, предъявляемых к процессу распыления при решении конкретных технических и технологических задач, привело к разработке вихревых устройств для распыления жидкостей различной вязкости (рис. 1), обеспечивающих формирование мелкодисперсного потока воздушно-жидкостного аэрозоля¹ [1].

Существующие устройства для распыления жидкостей в отличие от вихревых распылителей (табл. 1) не всегда отвечают в полном объеме требованиям, предъявляемые к параметрам распыления. В инновационно-технологическом центре Пензенского государственного университета проводят исследования вихревых распылителей и характеристик получаемых воздушно-жидкостных аэрозолей.

На основе сравнительного анализа можно выделить следующие преимущества вихревых распылителей:

- равномерное мелкодисперсное распыление материалов;
- возможность смешения и совместного распыления разнородных материалов;
- возможность отдельного регулирования расхода распыляемых материалов, размеров и плотности факела;
- малые давление и расход сжатого воздуха;
- простота конструкции и безопасность при эксплуатации;
- сочетание вихревого распылителя и вихревого энергопреобразователя позволяют обеспечить подогрев или охлаждение распыляемых материалов.

Вихревые процессы в газовых и жидких средах характеризуются значительными перепадами температуры и давления, что приводит к высокоинтенсивным процессам тепло- и массообмена. Данное обстоятельство вызывает повышенный интерес к исследованию вихревых процессов в двухфазных жидкостно-газовых средах при их вихревом течении ввиду принципиальной возможности рас-



Рис. 1. Вихревой диспергатор-распылитель жидкости

¹ Патент 2233711 (РФ).

работки новых перспективных, многофункциональных изделий различного назначения. Кроме того, совершенствование различных технологических процессов с использованием вихревых диспергаторов-распылителей обеспечивает ресурсосбережение и улучшение качества продукции.

Дальнейшее развитие вихревых технологий предполагает их трансферт в коммерческой и некоммерческой форме, главная задача которого — широкое использование устройств и продуктов на их основе в промышленности и сфере личного потребления. Проведенные предварительные маркетинговые исследования позволили определить высокий рыночный потенциал данных продуктов и выявить область их применения (табл. 2).

Данные разработки находятся на разной стадии готовности, технологические решения запатентованы и некоторые из них уже внедрены в производство. Разработанная

технология вихревой подготовки и подачи СОТС в виде воздушно-жидкостного аэрозоля принята к эксплуатации в ОАО "Пензкомпрессормаш" при фрезеровании канавок ротора винтового компрессора на зубофрезерном станке фирмы "Холпроед" и безотказно работает в течение трех лет (рис. 2).

Это позволило повысить стойкость инструмента до 2 раз, исключить расходы на использование и утилизацию СОТС и вытяжную вентиляцию мощностью 45 кВт.

Главная задача — определение возможной формы коммерциализации данных технологий. Коммерческий трансферт или коммерциализация технологий означает процесс перехода результатов научных исследований в сферу практического применения, производства и маркетинга новых продуктов с целью получения коммерческой выгоды.

Таблица 1

Технология распыления	Принцип действия	Недостатки
Механические распылители	Дробление жидкости осуществляется с помощью движущихся элементов	Высокая стоимость, наличие сложного и громоздкого механического привода, высокая энергоемкость
Пневматические распылители	Взаимодействие потока распыляющего газа с распыляемой жидкостью	Повышенный расход энергии на распыление
Гидравлическое распыление	Взаимодействие потока распыляемой жидкости с газообразной средой	Сложность дорогостоящего оборудования, высокая энергоемкость и сложность эксплуатации
Ультразвуковое распыление	Используются два подхода: струя (пленка) жидкости подается на колеблющийся элемент пьезоэлектрического или магнитострикционного генератора; струя подвергается действию ультразвуковых колебаний воздуха	Малая производительность, сложность и высокая стоимость оборудования
Вихревое распыление	На основе вихревых потоков воздуха, которые смешиваются и диспергируют поступающие материалы	—

Таблица 2

Разработка	Решаемая проблема	Возможная область применения
Климатическая установка транспортного средства	Кондиционирование воздуха в кабинах и салонах транспортных средств и мобильной техники	Различные виды транспортных средств (автомобили, сельхозтехника, железнодорожные локомотивы и подвижной состав, бронетехника, мобильные объекты систем управления и т. п.)
Вихревой увлажнитель воздуха	Создание оптимальных условий параметров влажности в производственных помещениях, защита от статического электричества, осаждение пыли, внесение медицинских препаратов путем аэрогенной иммунизации	Предприятия деревообрабатывающей, текстильной, электронной, полиграфической отраслей промышленности, медицинские предприятия, специальные помещения для работ со взрывоопасными материалами
Термодинамический диспергатор	Диспергирование и распыление жидкостей различной вязкости в сочетании с их подогревом или охлаждением	Сушка и сублимация продуктов питания, стиральных порошков и др.
Устройство для выработки пара и горячей воды	Автономное снабжение горячей водой и паром технологического оборудования, помещений подвижного состава РЖД и мобильной спецтехники	Нефтеперерабатывающие предприятия, подвижные системы теплоснабжения для коммунальных служб и МЧС при авариях в системах теплоснабжения, теплоснабжение объектов на территориях Дальневосточного и Сибирского регионов
Термогенерирующая установка	Одновременный нагрев разнородных жидкостей для производственного и технологического оборудования, в том числе пожароопасных	Нагрев электролитов в гальванических ваннах, охлаждающих жидкостей в двигателях внутреннего сгорания перед их запуском на морозе
Устройство для охлаждения режущего инструмента	Подготовка и подача воздушно-жидкостного аэрозоля СОТС в зону резания при механообработке	Технологические процессы механической обработки материалов резанием в различных отраслях промышленности

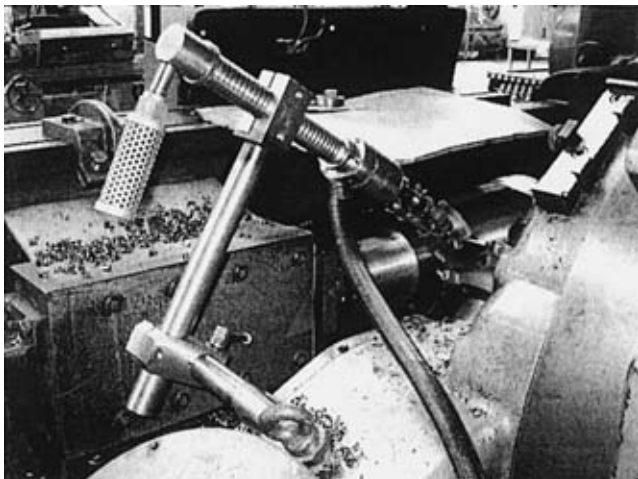


Рис. 2. Вихревая подготовка и подача воздушно-жидкостного аэрозоля COTC при обработке ротора винтового компрессора

Несмотря на ряд несомненных преимуществ и перспективность данных разработок, их внедрение в промышленное производство и вывод на рынок связаны с рядом проблем, характерных для большей части отечественных инноваций. Наиболее важными ограничивающими факторами являются отсутствие партнеров по бизнесу и недостаток собственного потенциала для дальнейшего развития бизнеса, что проявляется прежде всего в ограниченных инвестициях, недостаточной информации о рынке и потенциальных клиентах, отсутствии инновационных менеджеров и маркетологов, обеспечивающих организацию и продвижение инновационных продуктов.

Основными формами коммерческого трансфера являются следующие [2]:

- продажа технологии в овеществленном виде;
- передача технологии при прямых и портфельных инвестициях;
- продажа патентов;
- продажа лицензий на все виды запатентованной промышленной собственности, кроме товарных знаков, знаков обслуживания и др.;
- продажа лицензий на незапатентованные виды промышленной собственности — ноу-хау, секреты производства, технологический опыт, инструкции, чертежи, схемы, спецификации и др.

Выбор той или иной формы коммерциализации определяется как потенциалом самой фирмы-разработчика, так и рыночными возможностями, открываемыми в каждом конкретном случае. Разработчик может сам организовать весь процесс создания и трансфера инновационных продуктов. Если у изобретателя блестящая идея, но нет собственных ресурсов для ее развития, формирования рынка и производства продукта, или российская фирма, производящая продукцию в своей стране, ищет возможности выхода на другие рынки, то она может использовать схему "разработка — передача прав на объект интеллектуальной собственности". При необходимости постоянного контроля за процессом реализации своей разработки и доходами от нее фирма-разработчик может организовать совместное предприятие с партнером.

При выборе формы коммерциализации вихревых технологий необходимо учитывать то специфическое условие, что по некоторым направлениям они являются либо "перекрывающими" технологиями, несмотря на наличие конкурентов на рынке, либо принципиально новыми решениями. Их внедрение на современном этапе нацелено на сферу промышленного производства и представляет интерес для предприятий как возможность сокращения издержек. Именно снижение ресурсных затрат является наиболее стимулирующим фактором для коммерциализации.

Не менее важным является необходимость расширения рынка сбыта и привлечения выгодного клиента. Как правило, требования к качеству, предъявляемые потенциальными заказчиками, чаще всего иностранными, заставляют предприятия внедрять новые технологии. Необходимость поддержки конкурентоспособных цен, развития ассортимента и усовершенствования товаров обуславливают инновационную активность отечественных предприятий. Учитывая ограничение собственного потенциала для дальнейшего самостоятельного развития бизнеса и сложности выхода на международные рынки для продажи лицензий, можно говорить о привлечении предприятий-производителей в качестве инвесторов и организации с ними совместной деятельности как наиболее приемлемой формы коммерциализации.

Опыт сотрудничества Пензенского государственного университета и ОАО "Коммаш" (Пенза) свидетельствует об активизации процессов внедрения в производство и продвижения на рынок новых технологий. В относительно короткие сроки было освоено производство ряда вихревых увлажнителей воздуха, которые успешно функционируют в специальных производственных помещениях для работ с взрывоопасными материалами с целью защиты от статического электричества.

Однако привлечение предприятий в качестве партнеров для организации совместной деятельности является проблематичным, предполагающим значительных затрат времени и моральных сил. Даже в тех случаях, когда реально существует интерес в новых технологиях, барьером становится недоверие разработчиков и производителей друг к другу, которое может проявляться в самых разнообразных формах:

- в отношении интеллектуальной собственности — по поводу владения прав на разработку, ноу-хау, возникающие в процессе совместной деятельности;
- при распределении доходов и рисков — недоверие может возникать на всех этапах взаимодействия и требует особой проработки при заключении договора о сотрудничестве;
- при организации и контроле за процессом производства и продвижения продукции — недоверие связано со сложностью контроля.

Преодоление недоверия может стать процессом крайне длительным и изматывающим для обеих сторон, что крайне негативно может сказаться на их взаимодействии. Механизм установления партнерских отношений пока не отработан и наиболее распространенными здесь способами являются регламентация бизнес-процессов, формализация взаимодействия. Альтернативой возникающему при этом бюрократизму выступает некоммерческий трансфер. Именно данный вид трансфера в большей степени

влияет на восприимчивость к инновации в обществе, готовность к ее потреблению, в связи с чем крайне важным является обеспечение распространения некоммерческой информации о вихревых технологиях.

Важно определить при этом, что является предметом коммерческого и некоммерческого обмена и какие выгоды получают обе стороны от такого сотрудничества. Основной поток передачи инноваций в некоммерческой форме приходится на непатентованную информацию: фундаментальные исследования, научные открытия и технологические изобретения, а также рекламные материалы. Некоммерческий трансферт в большей степени нацелен на создание благоприятного имиджа технологии, демонстрацию его преимуществ перед потенциальными потребителями и заказчиками.

В настоящее время акцент в продвижении вихревых технологий делается именно на некоммерческий трансферт, что включает проведение презентаций, организацию семинаров, конференций, круглых столов, в том числе и через Интернет. Это позволит усилить позиции разработчиков, выявить возможные направления сотрудничества и сформировать благоприятные условия для коммерциализации продуктов на основе вихревых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курносое Н. Е., Тарнопольский А. В., Пичугин В. М. Кондиционер воздуха для кабины машиниста // Локомотив. 2000. № 5.
2. Вольнец-Руссет Э. Я. Коммерческая реализация изобретений и "ноу-хау" (на внешних и внутренних рынках): Учебник. М.: ЮристЪ, 1999.

А. П. РАФАИЛОВ, аспирант, В. А. ПРОСКУРЯКОВ, канд. техн. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Подходы к определению эффективности проекта и оценке труда разработчика на примере научно-исследовательской организации

Цель оценки эффективности проекта на основе рассмотрения его дуалистической природы (выделения материальной и нематериальной составляющих) состоит в том, чтобы найти адекватные инструменты определения результативности не только с точки зрения материальных ресурсов и результатов, но и оценить нематериальную составляющую проекта, которая может играть главенствующую роль и быть скрытой, за счет чего полноценная оценка деятельности не может быть получена. Рассмотрение деятельности как дуалистического (двойственного) явления позволит разработать наиболее действенные инструменты оценки работы отдельных подразделений и мотивации разработчиков (работников интеллектуального труда). Такой подход способствует выявлению нематериальных активов предприятия, которые в случае их инвентаризации и постановки на баланс способствуют увеличению оборотных средств (пополнению фонда развития, наращиванию уставного капитала) за счет амортизационных отчислений (отнесения на производственные затраты и снижения величины налогооблагаемой прибыли). Кроме того, постановка нематериальных активов на бухгалтерский учет позволяет достичь экономии отчислений на зарплату при оплате труда через авторские вознаграждения за создание объектов интеллектуальной собственности, подоходного налога физических лиц (владельцев объектов интеллектуальной собственности) и экономии НДС, если сделка оформляется как патентный, лицензионный или авторский договор.

Данные вопросы являются предметом исследования экономики знаний (knowledge management). Взаимосвязь ряда категорий этого раздела экономической науки приведена на рис. 1.

Любую человеческую деятельность в общем виде можно описать следующим уравнением [2]:

$$(M_p + H_p(I_p))H_f \rightarrow (M_z + H_z(I_z))C_z, \quad (1)$$

где M_p , $H_p(I_p)$, M_z , $H_z(I_z)$ — материальные, нематериальные (интеллектуальные) ресурсы и эффекты соответственно; H_f — нравственный фактор (учитывающий характер интенции преобразовательной деятельности); C_z — социальный эффект (созидающий или разрушающий общественный результат).

Данное уравнение отображает двойственность ресурсов и результатов, свойственную человеческой деятельности вообще и производственной в частности.

Совокупный эффект от реализации проекта (работы) следует разделять на финансовый, материальный и нематериальный (интеллектуальный). При строгом противопоставлении материальной и нематериальной составляю-

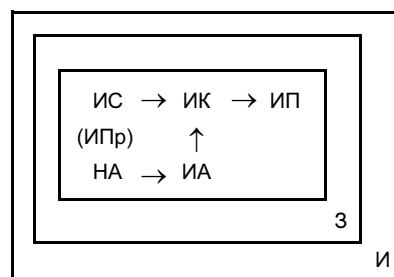


Рис. 1. Взаимосвязь категорий экономики знаний (ИП — интеллектуальный потенциал, ИК — интеллектуальный капитал, ИС — интеллектуальная собственность, ИПр — интеллектуальный продукт, ИА — интеллектуальные активы, НА — нематериальные активы — бухгалтерская категория, З — знания, И — информация)

щих (даже на уровне понятий) категории финансового и материального эффектов зачастую отождествляются. Во многом это связано с тем, что любые материальные ресурсы (и результаты) оцениваются в денежном выражении (финансовых терминах), поскольку на современном этапе развития человечества более универсальный инструмент оценки не изобретен.

Поэтому применительно к относительно недавно появившемуся понятию интеллектуального капитала (активов) также стали применять денежную оценку, что во многих случаях представляется весьма затруднительным. Исторически до возникновения финансовых инструментов оцественные (материальные) предметы оценивались и обменивались друг на друга посредством бартера, а с появлением денег материальные и финансовые ресурсы получили традиционную финансовую оценку. Логично предположить, что с возникновением в конце XX века категории интеллектуального капитала его терминами будут оценивать все известные на данный момент виды капитала (в том числе материальный и финансовый), если удастся найти соответствующие инструменты оценки.

В интересах разграничения понятий материальных, финансовых и нематериальных ресурсов под первыми будем понимать использование овеществленных предметов труда и расходование различных видов энергии, которые можно выразить денежными эквивалентами. Финансовые ресурсы и результаты охватывают поступление и расходование денежных средств, связанные с взаимодействием предприятия с другими участниками рынка. Соответственно в категорию интеллектуальной составляющей попадают все явные и неявные (скрытые) виды нематериальных ресурсов, активов и результатов, которые требуют особой организации их оценки, учета и управления и однозначно не выражаются в финансовых терминах. Их коренное отличие от первых двух видов ресурсов состоит в неизменности (нерасходуемости) в процессе потребления. Создаваемые на основе этих ресурсов интеллектуальные продукты характеризуются высокими фиксированными издержками производства (затратами на создание) и низкими переменными издержками воспроизводства, обусловленными, как правило, их легким тиражированием [1].

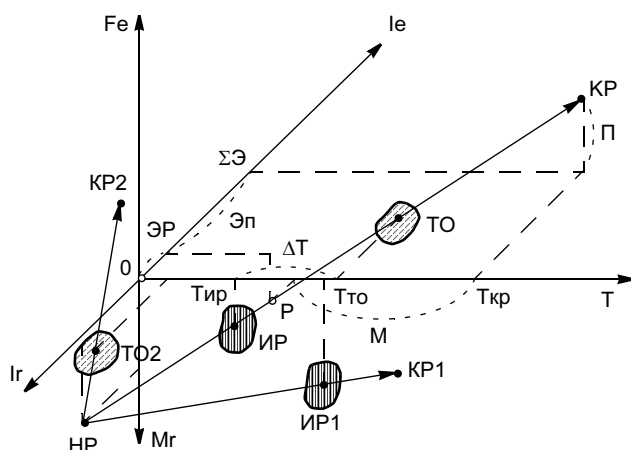


Рис. 2. Выполнение работы (проекта) в трехмерной системе представления

Выполнение любого проекта (работ) с позиций дуализма производственной деятельности представлено графиком на рис. 2 в изометрической системе координат, связывающей временной аспект с расходом ресурсов и получением результатов (эффектов) (Fe , le — финансовые и интеллектуальные результаты соответственно, Mr — материальные ресурсы, T — время).

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

HP — начало работы над проектом; *KP* — конец работы над проектом (завершение жизненного цикла созданной в ходе реализации проекта продукции); *TO* — точка финансовой окупаемости (пересечение вектора *HP*, *KP* с плоскостью *lr—le*); *0—T* — точка безубыточности; *IP* — точка интеллектуальной результативности (пересечение вектора *HP*, *KP* с плоскостью *Mr—Fe*, *0—T*), показывающая момент перехода от привлеченных (используемых) нематериальных ресурсов в интеллектуальные результаты.

Здесь необходимо отметить, что в отличие от расчета точки безубыточности *ТО* фиксация точки *ИР* представляет большую проблему в связи со сложностью установления момента перехода ресурсов в результаты нематериальной природы (в общем виде, определения и разграничения этих понятий).

$T_{кр}$, $T_{то}$, $T_{ур}$ — моменты времени, соответствующие точкам KP , $ТО$ и $ИР$; $T_{ур} - T_{то} = \Delta T > 0$ — период получения нематериальной отдачи от проекта.

Утверждение о положительной разнице ΔT верно благодаря тому, что даже при отсутствии положительного финансового результата от реализации проекта (в случае его неудачи) нематериальный эффект всегда присутствует (как минимум, в форме накопленного опыта, полученных знаний и навыков) и появляется уже на первых стадиях разработки проекта. Поэтому развитие событий в соответствии с вектором $HP, KP2$, вообще говоря, представляется маловероятным (невозможным). Вектор $HP, KP1$, напротив, демонстрирует ситуацию, когда финансовый результат от реализации проекта отрицательный (затраты материальных ресурсов не окупились), а нематериальный эффект всегда положителен (перекрывает потребление ресурсов аналогичной природы).

P — прибыль; $\Sigma \mathcal{E}$ — совокупный (накопленный) интеллектуальный результат (эффект) для предприятия-разработчика; $\mathcal{E}_p$ — нематериальный эффект для разработчиков и исполнителей проекта; $\mathcal{E}_n$ — общая польза (эффект) от продукции для покупателя и предприятия-разработчика (через обратную связь с первым); P — точка выхода на рынок продукции, созданной в ходе реализации проекта; M — период продажи продукции на рынке.

Поскольку работы над любым проектом начинаются с возникновения и обдумывания идеи, которая затем фиксируется с помощью определенных материальных носителей, то можно считать, что нематериальные ресурсы являются первичными (и их расходование в общем случае предшествует по времени затратам материальных ресурсов). Тогда ось $Ir—Ie$ приведенной системы (см. рис. 2) может быть сдвинута по временной оси влево относительно оси $Mr—Fe$.

Рассмотрим соотношение результатов и ресурсов в ходе жизненного цикла опытно-конструкторской работы, проводимой на предприятиях научного приборостроения, с позиции их дуалистической природы (рис. 3).



Результаты:

E_3 — разработка с учетом неявных интеллектуальных ресурсов (использованием интеллектуального потенциала).

$$\Sigma\Theta_2 > \Sigma\Theta_1.$$

ДЭ может возникнуть на любой стадии жизненного цикла ОКР, где имеется задел, аналог или ранее накопленный опыт, который приводит к сокращению времени (трудоемкости).

$$E_2 = E_1 + \Delta\mathfrak{E}.$$

Допустим, что учет результатов ОКР будут вести согласно функции E_3 , т. е. будут разработаны действенные методы и механизмы оценки и учета скрытого (неявного) в настоящее время интеллектуального результата. В этом случае по графику можно определить точку A в ходе производственного цикла, в которой совокупный эффект полезности работы уже достигает того, что было заложено в ТЗ ($\Sigma \mathcal{E}_2$), хотя конечное изделие еще может отсутство-

Если значение ΣE_2 может быть получено ранее установленного ТЗ срока, возникает вопрос о возможности соответствующего сокращения всех стадий жизненного цикла ОКР (и всего срока на ΔT) так, чтобы получить к данному моменту (точка А) готовый продукт.

Таким образом, учет неявных (скрытых) интеллектуальных результатов позволяет ставить вопрос о сокращении производственного цикла и как следствие — себестоимости разработки.

Ресурсы:

R_1 — учитываемые существующими механизмами
совокупные ресурсы (материалы, сырье, зарплата и т. п.)
представлены главным образом материальными носите-
лями;

R_2 — учитываемые ресурсы + неучтенный (скрытый) вклад интеллектуальных ресурсов (нематериальной составляющей труда) ΔP ;

$\Sigma Z_2 - \Sigma Z_1 = \Delta P$ (возрастает по мере увеличения жизненного цикла ОКР);

$$R_2 = R_1 + \Delta P.$$

В формировании ΔP присутствует составляющая, представляющая наработанный ранее опыт создания аналогичной продукции (разработки), который может быть использован в текущей ОКР: выработанные методы, приемы работ, навыки взаимодействия, применение которых не связано с дополнительными затратами или усилиями работников и которые могут активно ими использоваться. Эта составляющая не отражается в себестоимости работ, поскольку не является затратами в их классическом понимании.

Нарастающее поведение кривой R_2 объясняется совокупным увеличением требуемых нематериальных ресурсов по мере завершения производственного цикла — все последующие стадии опираются на предшествующие разработки, а работники с предыдущих стадий ОКР привлекаются для доработок и согласований в дальнейшем, т. е. общий интеллектуальный вклад (нематериальная составляющая продукции) возрастает.

Опыт показывает, что нематериальные активы растут большими темпами по сравнению с материальными (накапливается опыт, повышается ценность знаний и навыков сотрудников), поэтому доля нематериальных ресурсов в производстве конечного продукта довольно значительна. Однако она не находит адекватного отражения в себестоимости продукции, рассчитанной по существующим в настоящее время методикам (учитывающим, главным образом, затраты материального характера).

Как видно из графика, неучитываемое ΔP в точке А в абсолютном выражении полностью включается в объем тех ресурсов, которые предусмотрены ТЗ для выполнения ОКР. То есть в данном случае можно говорить о том, что при сокращении производственного цикла в результате выявления, оценки и учета нематериальных составляющих научного производства происходит сокращение доли материальных ресурсов и соответствующий рост для нематериальных ресурсов, не заявленных (не обозначенных и не учитываемых) в ТЗ.

Если рассчитать отдачу от ОКР как разницу между полученными результатами (эффектом) и затраченными ресурсами, заданными функциями E_3 и R_2 , в точке А и в точке Т получится большее значение по сравнению с расчетом для функций E_2 и R_1 , поскольку $\Delta \mathcal{E} > \Delta P$. По мере увеличения длительности производственного цикла разница $\Delta \mathcal{E} - \Delta P$ будет возрастать, т. е. отдача от ОКР будет увеличиваться (повышается результативность, эффект от разработки, увеличивается прибыль и др.).

Практически невозможно непосредственно сопоставить материальные и нематериальные составляющие как эффекта, так и затрат ресурсов из-за различной их природы (выразить универсальными показателями и сравнить). Искусственно можно привести нематериальную составляющую к денежной оценке (через материальную оценку интеллектуального труда — оплату труда разработчиков). Для этого следует проанализировать структуру деятельности разработчика (его интеллектуальные, творческие усилия) и определить стоимость единицы его деятельности, к которой можно свести другие виды интеллектуального труда.

Далее на основе сравнения различных элементов с этой единицей, для которой установлен норматив стоимости, определяется денежное выражение каждого элемента нематериальных (интеллектуальных) ресурсов. На этой основе реализуется метод видовых отношений определения трудоемкости любого вида работы [3]:

$$T = CT\delta, \quad (2)$$

где C — видовой коэффициент; $T\delta$ — трудоемкость базового вида работы.

Однако при таком подходе возникают сложности при сравнении работы нескольких лиц, участвующих в реализации проекта, поскольку в их действиях необходимо най-

ти единый универсальный элемент. Учитывая характер современной деятельности разработчиков (работников умственного труда), в качестве такой искусственной единицы можно принять условную трудоемкость выполнения простейшей и наиболее распространенной компьютерной операции (например набор одного листа текстового документа) и приводить к этой единице (выражать через нее) прочие виды работ посредством введения коэффициентов, учитывающих сложность, напряженность, срочность, информационную насыщенность и прочие аналогичные показатели работы.

На основе хронометрирования действий разработчика в течение его рабочего дня находится суммарное время выполнения таких действий, которые вызывают расходование нематериальных ресурсов, и, исходя из повременной ставки оплаты труда, определяется их стоимость.

Причем ставка оплаты труда должна быть скорректирована с учетом характера умственного (творческого) труда, квалификации работника. Для получения точных результатов необходимо четко учитывать рабочее время, затраченное именно на данный проект (ведь, как правило, сотрудники предприятия совмещают проектные работы с выполнением своих основных обязанностей) и исключить из заработной платы ту долю, которая идет на покрытие материальных расходов, не связанных с реализуемым проектом. Для этого необходимо накопить статистические данные за определенный период (например месяц) о том времени, какое в структуре рабочего дня разработчика занимает умственная, творческая (нематериальная) составляющая, и какое время занимают работы, которые можно оценить материальными затратами (простой компьютера, освещение, отопление и др.).

Материальные затраты разработчика равны стоимости непосредственно используемых им овеществленных ресурсов (расходуемых материалов) и опосредованных материальных затрат, сопровождающих потребление нематериальных ресурсов в течение его рабочего дня: затраты на освещение, отопление и электроэнергию, необходимую для функционирования компьютера разработчика во время его работы над данным проектом, амортизация используемых им основных средств за это время, малоценные и быстроизнашивающиеся предметы (канцтовары) и др.

За все время работы над проектом нематериальные ресурсы занимают долю, которую можно представить в следующем виде:

$$D_n = 1 - D_m; \quad (3)$$

$$D_m = C_m T_m K_m N, \quad (4)$$

где C_m — ставка оплаты труда, руб/ч; T_m — время работы в день, ч; N — число дней работы над проектом; K_m — коэффициент материальных затрат.

$$K_m = \Sigma M / \Sigma T, \quad (5)$$

где ΣM — суммарное время рабочих действий, оцениваемых материальными затратами, за период работы, ч; ΣT — общее время работы за период, ч.

Здесь доля потребления нематериальных ресурсов вычислена методом исключения материальной составляющей. Можно непосредственно рассчитать

$$D_n = K_n C_n T_n N, \quad (6)$$

где K_n — коэффициент, учитывающий характер интеллектуального труда разработчика (здесь может учитываться объем и напряженность умственного, творческого труда, квалификация исполнителя и другие факторы, определяющие нематериальную составляющую).

Таким образом, основными направлениями, которые открывает рассмотрение деятельности научно-исследовательского предприятия с позиций дуалистической природы, определение, выявление и оценка нематериальных ресурсов, результатов и активов, являются:

— оценка эффективности, стоимости и потенциала проекта;

— определение стоимости нематериальной продукции, создаваемой в ходе НИР и ОКР на основе трудоем-

кости всех этапов разработки (с учетом интеллектуальных ресурсов и результатов);

— оценка труда разработчиков и разработка методов стимулирования работников умственного труда;

— установление стоимости интеллектуальных активов и капитала предприятия и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климов С. М. Интеллектуальные ресурсы общества. М., 2002.
2. Проскуряков В. А. Организация дуалистического производства // Международный научно-практический семинар по проблемам организации современного производства. М.: МИЭТ, 2005.
3. Фотин И. С. Теоретические основы современной методологии определения трудоемкости. Ижевск, 2002.

В. А. ВОЛОЧИЕНКО, канд. техн. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Организация выполнения оперативных планов производства на основе распознавания проблемных ситуаций, вызванных внешними и внутренними возмущениями

Предприятия определяют уровень развития экономики страны. Достижение поставленных целей по выпуску промышленным предприятием (производственной системой) продукции осуществляется системой оперативного управления производством. Эта система с шагом квартал, месяц, пятнадцатка, сутки, смена целенаправленно осуществляет планирование функционирования производственных подразделений, служб предприятия и контроль реализации плановых заданий, обеспечивая выпуск продукции определенных наименований в заданных количествах в установленные сроки в соответствии с договорными обязательствами, потребностями внутренних и внешних рынков. В процессе реализации оперативных планов, заданий производственный процесс промышленного предприятия подвергается воздействиям внешних и внутренних возмущений.

Возмущения внешней среды возникают в результате изменения спроса на продукцию предприятия (уменьшение или увеличение сверх допустимых величин), невыполнения или досрочного выполнения установленных договорными обязательствами сроков поставки на предприятие сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, средств производства, средств технологического оснащения (инструментов, технологической оснастки) и прочих элементов, используемых в производстве, а также при ряде других обстоятельств. Внутренние возмущения, возникающие по различным причинам в процессе функционирования первичных производственных систем (поточных линий, участков), вспомогательных производств, обеспечивающих служб, замедляют или ускоряют процесс производства. Примерами внутренних возмущений могут быть невыполнение или досрочное выполнение опера-

тивных планов инструментальным производством предприятия; сбои в работе обеспечивающих служб; невыполнение оперативных планов, графиков подразделениями основного производства; поломки оборудования, транспортных средств, инструментов или оснастки; отклонения фактического состояния трудовых ресурсов от требуемых; необеспеченность рабочих мест материалами, заготовками, деталями, сборочными единицами; ввод в строй ранее плановых сроков оборудования, находившегося в ремонте; превышение плановых коэффициентов обслуживания оборудования исполнителями; рационализаторские предложения; срочные дополнительные задания; брак, возникающий в процессе производства, и прочее.

Различают контролируемые и неконтролируемые возмущения. Контролируемые возмущения фиксируются системой управления объектом, например предприятием, в местах их возникновения (в службах, различных производственных системах, входящих в структуру предприятия), в моменты их возникновения. Система управления устанавливает факты возникновения контролируемых (измеряемых) возмущений, осуществляет их оценку, разработку и реализацию решений по устранению результатов действия зафиксированных возмущений, предупреждая возникновение отклонений (минимизируя возможные отклонения) во времени фактических состояний объекта от целевых. Такое управление принято называть управлением "по возмущению". Неконтролируемые возмущения не фиксируются системой управления объектом в пространстве и времени в моменты их возникновения. Их влияние на объект управления выявляется в результате обнаружения во времени значимых отклонений фактических состояний объекта от целевых. Обнаружение ре-

зультатов действия неконтролируемых возмущений на объект управления осуществляется по каналу обратной связи системы управления объектом. В моменты обнаружения значимых отклонений фактических состояний объекта от целевых система управления вырабатывает управляющие воздействия с целью устранения результатов влияния неконтролируемых возмущений на объект. Такое управление принято называть управлением "по отклонению". Затраты на создание и функционирование систем управления "по возмущению", как правило, выше, чем на системы управления "по отклонению". Однако идентичная степень достижения целевых состояний объекта во времени при управлении "по возмущению" и "по отклонению" может быть получена при меньших затратах на реализацию функций исполнения объекта в случае применения управления "по возмущению", чем при управлении "по отклонению". Поэтому на практике часто применяют комбинированное управление объектом "по возмущению и отклонению", соотношение между составляющими которого устанавливают с учетом имеющихся ограничений на суммарные затраты по реализации функций управления и исполнения.

В результате действия внешних и внутренних контролируемых и неконтролируемых возмущений в производстве возникают проблемные ситуации, требующие принятия решений по устранению результатов действия возмущений, а в случае необходимости — по внесению изменений в оперативные планы, графики работы производственных подразделений. На заводском уровне управления производством — в программу выпуска продукции предприятия или (и) в объемно-календарный план, на межцеховом — в оперативные календарные планы изготовления предметов производства (выполнения работ) цехами, на цеховом — в оперативные планы-графики изготовления предметов производства (выполнения работ) участками, на участковом — в пооперационные графики изготовления предметов производства (выполнения работ) на рабочих местах (в сменно-суточные и сменные задания на рабочих местах участка).

Существующие системы организации оперативного управления промышленным производством, реализующие принципы управления "по отклонению", и "преимущественно по отклонению и частично по возмущению"; регламентирующие последовательную передачу информации о возникающих проблемных производственных ситуациях "снизу-вверх" по уровням иерархии управления промышленным предприятием для установления полномочных в их разрешении уровней и лиц, принимающих решения, и передачу команд в обратном порядке; опирающиеся преимущественно на "человеческий фактор" и в меньшей степени на математические методы и экономико-математические модели, не обеспечивают требуемого соответствия фактических состояний производственных процессов их целевым состояниям по совокупности номенклатурных, временных, стоимостных и объемных показателей. Констатация возникновения проблемных ситуаций на заводском, межцеховом, цеховом и участковом уровнях, принятие решений по их разрешению, выработка решений по изменению оперативных планов, графиков работы производственных подразделений занимают неоправданно длительные интервалы времени. В результате

имеют место непроизводительные затраты материальных, трудовых, энергетических и других ресурсов производства, различного рода потери, что отрицательно сказывается на эффективности функционирования предприятия.

На современном промышленном предприятии, функционирующем в условиях нестабильной внешней среды, интенсивного влияния случайных внешних и внутренних возмущений, вызывающих генерацию различных проблем внутри предприятия, возникает острая необходимость существенного увеличения быстродействия оперативного управления производственным процессом. Возможным решением указанных проблем оперативного управления современным промышленным производством является увеличение доли формализованных процедур в процессах констатации, анализа, генерации возможных альтернатив и выборе наиболее адекватных для разрешения возникающих проблемных производственных ситуаций при реализации оперативных планов, графиков, заданий производственными системами.

Альтернативой существующей организации управления производством на промышленном предприятии в условиях интенсивного влияния случайных возмущений является организация управления производством, основанная на принципах управления "по возмущению" и "преимущественно по возмущению и частично по отклонению", адресной констатации возникающих проблемных ситуаций в различных производственных системах, составляющих производственную структуру предприятия; адресном установлении уровней управления и лиц, принимающих решения, полномочных в разрешении возникающих проблемных ситуаций; выработке адекватных управленческих решений в минимально возможные по длительности интервалы времени в реальном масштабе времени. Такая организация управления производством, образно говоря, позволит на любые значимые "вызовы" внешней и внутренней среды предприятия практически немедленно устанавливать адекватные "отклики" организационной структуры (констатацию проблемных ситуаций и выработку управленческих решений по их разрешению).

Альтернативную организацию управления современным промышленным производством, формализацию принятия решений в процессе реализации оперативных планов, графиков, заданий производственными подразделениями в условиях интенсивного влияния случайных внешних и внутренних возмущений целесообразно осуществлять на основе применения специализированных систем распознавания возникающих проблемных производственных ситуаций (ПС).

Специализированная система распознавания проблемных производственных ситуаций определенного назначения — сложная динамическая человеко-машинная система, включающая в свой состав промышленно-производственный персонал, необходимые виды обеспечения, а именно: организационное, информационное, математическое, программное, техническое и прочие, предназначенная для решения в реальном масштабе времени (РМВ) на основе специально разработанных алгоритмов задач распознавания ПС, то есть отнесения ПС к соответствующим эталонным классам, состав и сущность которых определяется ее назначением.

Специализированные системы распознавания проблемных производственных ситуаций в реальном масштабе времени обеспечивают фиксацию результатов действия возмущений; адресное установление уровней иерархии управления предприятием и лиц, принимающих решения (ЛПР), полномочных в ликвидации последствий влияния возмущений; определение необходимости внесения изменений в оперативно-производственные планы, графики, задания на заводском, межцеховом, цеховом и участковом уровнях; выработку оптимальных (рациональных) решений по устранению влияния возмущений и корректированию оперативных планов, графиков, заданий производственным подразделениям.

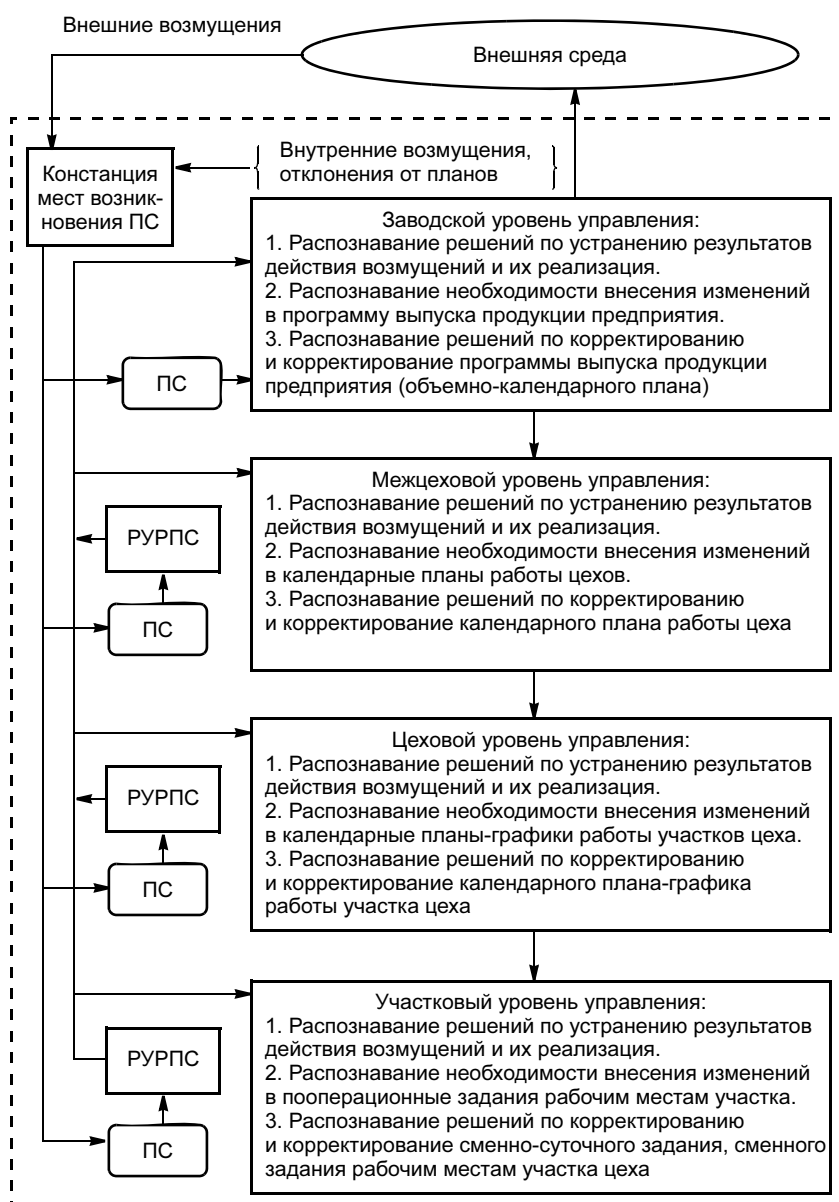
В результате достигается минимизация отклонений фактического состояния производства от целевого. Реакция системы оперативного управления производством в условиях применения специализированных систем распознавания проблемных производственных ситуаций на обнаружение результатов действия внешних и внутренних возмущений и принятие решений, направленных на их устранение, требует минимальных затрат времени, величина которых обуславливается производительностью применяемых в управлении производством информационных технологий.

Быстродействие распознающих систем обеспечивается существенными затратами различных видов ресурсов на стадии их создания и минимально необходимыми ресурсами для обеспечения их функционирования. Именно в процессе разработки и построения распознающей системы соответствующего типа и назначения осуществляется трудоемкая работа по исследованию множества возможных ситуаций, их анализу, классификации в соответствии с совокупностью применяемых для их разрешения управленческих решений, разработкой алгоритмов распознавания, выбором и (или) разработкой комплекса технических средств, решению ряда других задач. Единовременные затраты трудовых, финансовых, материальных и других видов ресурсов, имеющих место при создании распознающей системы, окупаются в короткие сроки за счет экономии различных ресурсов при многократном ее применении в реально функционирующих объектах.

В процессе функционирования рассматриваемых систем распознавания человек может принимать участие в подготовке исходной информации о распознаваемых проблемных производственных ситуациях; в анализе (экспертизе) промежуточных и окончательных результатов распознавания; в процессе обучения системы распознавания, если система распознавания "с обучением"; в приня-

тии решений о реализации вырабатываемых системой распознавания директив и ряде других работ. Для сбора и преобразования входной информации в выходную эти системы распознавания могут использовать различные технические средства и системы, например, датчики, регистрирующие различные параметры процессов исполнения, осуществляемых на предприятии; программно-вычислительные средства реализации алгоритмов распознавания; локальные вычислительные сети; средства и системы связи; автоматизированные рабочие места управленческого персонала различных уровней управления предприятием.

На рисунке приведен перечень задач, который предлагается решать с применением системы оперативного управления производством на основе специализированных



Перечень задач распознавания проблемных ситуаций в оперативном управлении современным производством

систем распознавания проблемных производственных ситуаций (ПС) на различных уровнях управления производством, а именно:

- распознавание уровней управления и ЛПР, полномочных в разрешении проблемных ситуаций (РУРПС);
- распознавание решений по устранению результатов действия возмущений на заводском, межцеховом, цеховом и участковом уровнях управления;
- распознавание фактов необходимости внесения изменений в оперативно-производственные планы, графики, задания на заводском, межцеховом, цеховом и участковом уровнях;
- распознавание решений по корректированию календарных планов, графиков, заданий производственных систем различного уровня.

Постановка задачи распознавания уровней управления, полномочных в разрешении возникающих проблемных ситуаций, и метод ее решения рассмотрены в работе [1]. Пример разработки основных этапов системы распознавания полномочного уровня управления и ЛПР в случае выхода из строя применяемого на рабочем месте первичной производственной системы инструмента или оснастки — средств технологического оснащения (СТО) рассмотрен в работе [2]. Теоретическим основам применения методов и систем распознавания при разработке и принятии управленческих решений в организационных системах посвящена работа [3]. Основные этапы создания специализированных систем распознавания решений по устранению результатов действия возмущений на производственный процесс на примере систем распознавания решений по организации замены вышедших из строя СТО рассмотрены в работах [4, 5]. Основные этапы создания систем распознавания проблемных ситуаций, возникающих в первичной производственной системе в реальном масштабе времени в течение смены, вырабатывающих управленческие решения по корректированию сменного задания рассмотрены в работе [6].

Оперативное управление ходом производства на цеховом, межцеховом, заводском уровнях подобно управлению ходом производства на участковом уровне, т. е. оперативному управлению ходом производства в первичной производственной системе. Объектами оперативного управления цехового уровня являются производственные участки (первичные производственные системы), составляющие производственную структуру цеха. Имеется определенная совокупность стандартных управленческих решений, принимаемых ЛПР цехового уровня, для разрешения возникающих в процессе производства проблемных ситуаций на этом уровне управления. Проблемные ситуации следует распознать с целью выработки решений по устранению результатов действия возмущений, корректированию пооперационных планов изготовления предметов производства по участкам цеха на пятидневку (месяц).

Объектами оперативного управления межцехового уровня являются производственные цеха, составляющие производственную структуру основного производства предприятия. Имеется определенная совокупность стандартных управленческих решений, принимаемых ЛПР межцехового уровня, для разрешения возникающих в ходе производства проблемных ситуаций на этом уровне управления.

Проблемные ситуации следует также распознать с целью выработки решений по устранению результатов действия возмущений, корректированию оперативных планов запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал).

Влияние внешних и внутренних возмущений на заводском уровне может приводить к необходимости принятия стандартных управленческих решений по устранению результатов действия возмущений, внесению изменений в программу выпуска продукции предприятия на месяц (квартал, год) или (и) в объемно-календарный план производства продукции.

Рассмотрим основные этапы построения специализированной системы распознавания проблемных производственных ситуаций, устанавливающей факты необходимости корректирования объемно-календарных планов производства, оперативных календарных планов, графиков и заданий по цехам, участкам, рабочим местам основного производства.

Этап № 1. Выбор принципа классификации

В качестве принципа классификации в данной системе распознавания целесообразно принять информацию о числе корректируемых календарных планов различных видов, графиков, заданий, используемых на заводском уровне управления и в оперативном управлении производством на межцеховом и внутрицеховом уровнях. На заводском уровне подразделение сводного планирования на основании программы выпуска продукции предприятия на квартал, год формирует объемно-календарный план выпуска продукции производством на месяц (квартал, год). На межцеховом уровне производственно-диспетчерский отдел (ПДО) рассчитывает оперативные планы запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал). На цеховом уровне планово-диспетчерское бюро (ПДБ) цеха рассчитывает пооперационные планы изготовления предметов производства по участкам цеха на пятидневку (месяц), на участковом уровне формирует по рабочим местам участков сменно-суточные задания (ССЗ) выполнения работ на сутки в разрезе смен, а также сменные задания (СЗ) на текущую смену.

Соответственно во множество стандартных решений по корректированию календарных планов, графиков заданий подразделениям основного производства предприятия включим пять решений, а именно:

R_1 — скорректировать объемно-календарный план (программу) выпуска продукции предприятием на месяц (квартал, год);

R_2 — скорректировать оперативные планы запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал);

R_3 — скорректировать пооперационные планы изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц);

R_4 — скорректировать сменно-суточные задания выполнения работ на сутки рабочими местами участков;

R_5 — скорректировать сменные задания выполнения работ рабочими местами участков в течение смены.

Этап № 2. Разработка алфавита классов

В алфавит классов данной системы распознавания целесообразно включить шесть классов, пять из которых будут соответствовать указанным выше решениям R_1 — R_5 , а шестой класс укажет на отсутствие необходимости корректирования календарных планов, графиков, заданий, а именно:

Ω_1^U — объемно-календарный план (программа) выпуска продукции предприятием на месяц (квартал, год) — требует внесения изменений;

$\Omega_2^{C(U)}$ — оперативные планы запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал) — требуют внесения изменений;

$\Omega_3^{S(C)}$ — пооперационные планы изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц) — требуют внесения изменений;

$\Omega_4^{k(S)}$ — сменно-суточные задания выполнения работ на сутки рабочими местами участков — требуют внесения изменений;

$\Omega_5^{k(S)}$ — сменные задания выполнения работ рабочими местами участков в течение смены — требуют внесения изменений;

Ω_6 — отсутствует необходимость внесения изменений в оперативные планы, графики, задания.

Этап № 3. Формирование рабочего словаря признаков

В рабочий словарь признаков этой системы распознавания нужно ввести первичные признаки, характеризующие результаты влияния внешних и внутренних возмущений на процесс производства, а также признаки, сигнализирующие о необходимости внесения изменений в календарные планы нижестоящего уровня по завершению внесения изменений в календарные планы вышестоящего уровня производственной структуры, а именно:

Y_1 — уменьшение спроса на продукцию предприятия ниже допустимого уровня во внешней среде;

Y_2 — увеличение спроса на продукцию предприятия выше допустимого уровня во внешней среде.

Невыполнение (досрочное выполнение) внешней средой установленных договорными обязательствами сроков поставки на предприятие сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, трудовых ресурсов, инструментов, оснастки, оборудования, транспортных средств и прочего на недопустимую величину (создающее потенциальные возможности для выпуска дополнительной продукции) для организации выполнения:

Y_3 — объемно-календарного плана (программы) выпуска продукции предприятием на месяц (квартал, год);

Y_4 — оперативных планов запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал);

Y_5 — пооперационных планов изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц);

Y_6 — сменно-суточных заданий выполнения работ на сутки рабочими местами участков.

Необеспеченность производства сырьем, материалами, полуфабрикатами, комплектующими изделиями, трудовыми ресурсами, инструментами, оснасткой, оборудова-

нием, транспортными средствами и прочим или возникновение излишков по указанным элементам в результате влияния внутренних возмущений в процессе функционирования цехов, участков (первичных производственных систем), вспомогательных производств и обеспечивающих служб (обслуживающих подразделений), необходимость выполнения дополнительных объемов работ или (и) исключения запланированных работ приводят к необходимости внесения изменений в следующие плановые документы:

Y_7 — объемно-календарный план (программу) выпуска продукции предприятием на месяц (квартал, год);

Y_8 — оперативные планы запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал);

Y_9 — пооперационные планы изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц);

Y_{10} — сменно-суточные задания выполнения работ на сутки рабочими местами участков;

X_1 — установленные оперативные планы запуска и выпуска предметов производства цехами на месяц (квартал) по результатам корректирования объемно-календарного плана (программы) выпуска продукции предприятием на месяц (квартал, год);

X_2 — установленные пооперационные планы изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц) по результатам корректирования оперативных планов запуска и выпуска предметов производства по цехам на месяц (квартал);

X_3 — установленные сменно-суточные задания выполнения работ на сутки рабочими местами участков по результатам корректировки пооперационных планов изготовления предметов производства участками цехов на пятидневку (месяц);

Y_{11} — существенные отклонения производительности рабочих мест; значимые изменения величин включенных в производство и находящихся в резерве ресурсов, а именно: сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, трудовых ресурсов, инструментов, оснастки, оборудования, транспортных средств и прочих; необходимость выполнения дополнительных объемов работ или (и) исключения запланированных работ, возникающие в результате влияния внешних, внутренних возмущений в процессе функционирования участков (первичных производственных систем) в ходе смены и вызывающие потребность внесения изменений в установленные сменные задания выполнения работ рабочими местами участков.

Включенные в рабочий словарь первичные признаки — логические. Первичному признаку присваивается значение истинности вида "да (истинно)", которому соответствует значение, равное единице, если идентифицируемый признаком факт установлен. В противном случае первичному признаку присваивается значение истинности вида "нет (ложно)", которому соответствует значение, равное нулю. Установление значений признаков $Y_1, \dots, Y_{11}$ возможно на основе применения специализированных систем распознавания уровней существенности (допустимости) действующих на производственный процесс контролируемых возмущений и возникших отклонений фактического состояния хода производства от целевого (запланированного) в результате действия неконтролируемых возмущений.

Этап № 4. Описание классов проблемных ситуаций на языке признаков

Описание классов проблемных ситуаций на языке рабочего словаря признаков принятого алфавита классов данной системы распознавания, используя аппарат алгебры логики, представим в следующем виде:

$$\Omega_1^U = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_7; \quad (1)$$

$$\Omega_2^{C(U)} = \bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \bar{Y}_3 \times \bar{Y}_7 \times (X_1 + Y_4 + Y_8); \quad (2)$$

$$\Omega_2^{S(C)} = \bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \bar{Y}_3 \times \bar{Y}_7 \times \bar{X}_1 \times \bar{Y}_4 \times \bar{Y}_8 \times (X_2 + Y_5 + Y_9); \quad (3)$$

$$\Omega_4^{k(S)} = \bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \bar{Y}_3 \times \bar{Y}_7 \times \bar{X}_1 \times \bar{Y}_4 \times \bar{Y}_8 \times \bar{X}_2 \times \bar{Y}_5 \times \bar{Y}_9 \times (X_3 + Y_6 + Y_{10}); \quad (4)$$

$$\Omega_5^{k(S)} = \bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \bar{Y}_3 \times \bar{Y}_7 \times \bar{X}_1 \times \bar{Y}_4 \times \bar{Y}_8 \times \bar{X}_2 \times \bar{Y}_5 \times \bar{Y}_9 \times \bar{X}_3 \times \bar{Y}_6 \times \bar{Y}_{10} \times Y_{11}; \quad (5)$$

$$\Omega_6 = \bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \bar{Y}_3 \times \bar{Y}_7 \times \bar{X}_1 \times \bar{Y}_4 \times \bar{Y}_8 \times \bar{X}_2 \times \bar{Y}_5 \times \bar{Y}_9 \times \bar{X}_3 \times \bar{Y}_6 \times \bar{Y}_{10} \times \bar{Y}_{11}, \quad (6)$$

где "+" — логическое "или", "×" — логическое "и", $\bar{X}$ — отрицание X ("не X ").

Этап № 5. Выбор алгоритма распознавания

Алгоритм распознавания ситуаций, вызывающих необходимость корректирования оперативных планов производства, целесообразно построить на основе метода сокращенного базиса [7]. Размер матрицы составит $20 \times 2^{14} = 20 \times 16\,384 = 327\,680$ бит (20 строк матрицы — это сумма 14 признаков и шести классов, а 16 384 столбца (2^{14}) — это число возможных комбинаций из 14 признаков).

Внедрение предложенных специализированных систем распознавания проблемных ситуаций, возникающих в производстве, в практику организации управления производст-

венными процессами промышленных предприятий способствует устранению традиционно имеющейся двойственности в работе "по плану" и "дефициту". Гибко корректируемая совокупность календарных планов, графиков, заданий на современном промышленном предприятии, адекватная реакция организационной системы управления производством на внешние и внутренние возмущения в реальном масштабе времени, основанные на широком применении специализированных систем распознавания проблемных ситуаций, диктуют необходимость наличия единой взаимосвязанной совокупности целеполагающих директивных решений (календарных планов, графиков, заданий), в соответствии с которой возможна организация скоординированного, слаженного функционирования производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волочиненко В. А. Организация управления производственным процессом машиностроительного предприятия на основе распознавания проблемных ситуаций (теория, методология, методы реализации): Монография. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 216 с.
2. Волочиненко В. А. Распознавание уровней иерархии управления организацией в проблемных ситуациях // Теория и практика институциональных преобразований в России / Под ред. Б. А. Ерзнкяна: Сб. науч. тр. Вып. 7. М.: ЦЭМИ РАН, 2006. С. 93—98.
3. Волочиненко В. А. Теоретические основы применения методов и систем распознавания при разработке и принятии управленческих решений // Машиностроение. 2006. № 7. С. 76—84.
4. Волочиненко В. А. Организация замены вышедших из строя инструментов в производственном процессе на основе применения систем распознавания // Организатор производства — Теоретический и научно-практический журнал. 2006. № 4 (31). С. 80—85.
5. Волочиненко В. А. Устранение действия контролируемых возмущений в машиностроительном производстве // Технология машиностроения. 2007. № 1. С. 80—85.
6. Волочиненко В. А. Контроллинг хода выполнения оперативных заданий в машиностроительном производстве // Журнал объединения контроллеров "Контроллинг". 2006. № 20. С. 70—78.
7. Горелик А. Л., Скрипкин В. А. Методы распознавания: Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., испр. М.: Высшая школа, 2004. 261 с.

М. В. СИЛУЯНОВА, канд. техн. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Повышение конкурентоспособности газотурбинных двигателей на основе функционально-стоимостного анализа производственных стадий жизненного цикла

Создание конкурентоспособного авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) нового поколения невозможно без разработки и освоения новых технологических процессов проектирования, производства и эксплуатации, позволяющих обеспечить требуемые функциональные свойства и эффективные технико-экономические показатели на всех стадиях жизненного цикла.

В настоящее время в авиационной промышленности развиваются два принципиально разных подхода к соз-

данию конкурентоспособной техники: разработка новых конструкций и модернизация освоенных в производстве изделий. Разработка нового двигателя с точки зрения обеспечения конкурентоспособности — высокзатратный и долговременный процесс, поэтому в современных условиях процесс ступенчатой модернизации ГТД на основе научно-технологического задела и освоения критических технологий представляется более реальным. Для вновь разрабатываемых критических технологий созда-

ния авиационных двигателей в результате выполняемых исследований определяются возможные варианты реализации, причем варианты отдельных операций, составляющих новые технологические процессы, взаимосвязаны как между собой, так и с функциональными, конструктивно-технологическими свойствами и технико-экономическими показателями создаваемой техники.

В сложившейся ранее системе разработки авиационной техники в нашей стране и за рубежом существовала дифференциация и организационная независимость проектно-конструкторских и производственно-технологических организаций и работающих в них специалистов, при которой проектировщики и конструкторы отвечали в основном за функциональные тактико-технические характеристики (тяга или мощность, масса, габаритные размеры, стоимость, удельный расход топлива, удельная тяга, степень двухконтурности), а технологи и производственники — за конструктивно-технологические и технико-экономические показатели (ресурс, технологичность, затраты на производство, цикл, технологическая себестоимость). При этом задачи совместного поиска рациональных сочетаний тактико-технических, конструктивно-технологических и технико-экономических показателей не ставились и практически не решались [1].

При выборе рациональных вариантов, а в лучшем случае оптимального варианта конкурентоспособного изделия, необходимо выполнить корректное технико-экономическое обоснование, которое с учетом перечисленных особенностей должно стать функционально-стоимостным анализом (ФСА) комплексных конструктивно-технологических решений на производственных стадиях жизненного цикла.

Конкурентоспособность авиационного ГТД принимается как неформальная многофакторная оценка сбалансированного соотношения свойств, показателей качества и суммарных затрат ресурсов на всех стадиях жизненного цикла, обеспечивающего преимущества по сравнению с аналогами в определенном сегменте рынка в заданных объеме выпуска и интервале времени.

Схема повышения конкурентоспособности авиационных ГТД на основе функционально-стоимостного анализа производственных стадий жизненного цикла приведена на рис. 1.

Свойства и показатели качества ГТД задаются в виде тактико-технических требований на проектных стадиях, обеспечиваются на производственных стадиях, подтверждаются испытаниями и поддерживаются на эксплуатационных стадиях жизненного цикла.

Конкурентоспособность определяется как главная целевая функция всех видов деятельности на всех стадиях жизненного цикла, зависящая от взаимосвязанных показателей качества и экономической эффективности проектирования, производства и эксплуатации. Конкурентоспособность связана с выходом на рынки (внутренние и внешние), возможностью быстрой модернизации продукции и производства, увеличением объема производства, который является знаменателем в формулах себестоимости при определении доли затрат на оснащение производства, переносимой на себестоимость продукции.

В сложившихся условиях, характеризующихся усилением конкурентной борьбы, научная проблема разработки и исследования методологии повышения конкурентоспособности ГТД на основе функционально-стоимостного анализа производственных стадий жизненного цикла является актуальной. При этом целью и задачами разработанной методологии является повышение конкурентоспособности сложных технических систем, требующее сближения стадий проектирования и производства на основе конструкторско-технологического задела, представленного в форме специальных баз знаний и баз данных конструкторско-технологических решений с моделями функционально-стоимостного анализа, позволяющими выполнять для интеллектуальной и материальной продукции оценку функциональных и стоимостных характеристик по различным методикам, учитывающим затратные, функционально-потребительские и рыночные свойства.

Для получения конкурентоспособных проектных решений необходимо управлять процессом разрешения



Рис. 1. Схема повышения конкурентоспособности авиационных ГТД на основе функционально-стоимостного анализа производственных стадий жизненного цикла

противоречий методами функционально-стоимостного анализа. Управление требованиями, предъявляемыми к сложным техническим системам, и управление программой их реализации выполняется на основе комплексной оценки вариантов решений [2]. В разработанной методологии повышения конкурентоспособности отмечаются роль и место функционально-стоимостного анализа в управлении жизненным циклом сложных технических систем. В соответствии с разработанной методологией предлагается большую часть противоречий комплексных проектных решений выявлять и разрешать в информационном слое на ранних стадиях жизненного цикла изделий в проектной, производственной и эксплуатационной системах методами функционально-стоимостного анализа (рис. 2).

Методология повышения конкурентоспособности объединяет методики декомпозиции и структурирования проектов сложных технических систем, "распараллеливания" проектных работ по стадиям и этапам жизненного цикла, имитационное моделирование изделий, технологических систем и конструктивно-технологических решений с сохранением целостности объектов моделирования, позволяющие получать рациональные варианты решений со сбалансированными функциональными, конструктивными, технологическими и стоимостными (техничко-экономическими характеристиками).

Для функционально-стоимостного анализа сложных технических систем на всех стадиях жизненного цикла и их исследования методами математического моделирования в соответствии с предлагаемой методологией ГТД средства и процессы его производства и эксплуатации представляются в виде взаимосвязанных типовых математических моделей:

$$S(D) = (B, R^B, Y(t), \rho), \quad (1)$$

где $S(D)$ — математическая модель авиационного ГТД; B — группа базовых множеств элементов (объектов), свойств (контуров) и параметров сложной технической системы (ГТД); R^B — группа отношений, определяемых на базовых множествах; $Y(t)$ — возмущающие воздействия,

как функции от времени; ρ — процедурно-алгоритмическая среда.

$$B = \{ \underbrace{A, P, T}_G, \underbrace{F^A, F^P, F^T}_F, \underbrace{N^A, N^P, N^T}_N \};$$

$$B = \{G, F, N\}; \quad (2)$$

$$G = \{A, P, T\}; T \subset A \cup P; \quad (3)$$

$$F = \{F^A, F^P, F^T\};$$

$$N = \{N^A, N^P, N^T\};$$

$$R^B = \{(G, G), (G, F), (G, N), (F, F), (F, N), (N, N)\}, \quad (4)$$

где G — группа базовых множеств элементов сложной технической системы, включающая базовые множества элементов исходного объекта (изделия) A , элементов технологической системы (порождающей среды) P и элементов конструктивно-технологических решений T ; F^A, F^P, F^T — базовые множества свойств контуров элементов сложной технической системы; N^A, N^P, N^T — базовые множества параметров элементов A, P, T сложной технической системы и свойств (контуров) этих элементов F^A, F^P, F^T .

Понятие контур является абстрактным и используется для представления совокупности свойств определенного назначения. По назначению при функционально-стоимостном анализе свойства подразделяются на четыре взаимозависимые группы:

$$L = \{F, K, T, S\}, \quad (5)$$

определяющие функциональные F^F , конструктивные F^K , технологические F^T и стоимостные (техничко-экономические) F^S контуры.

Каждое из множеств свойств (контуров) объектов F^A, F^P, F^T делится по назначению на подмножества

$$F = F^{GL} = \{ \underbrace{F^{AF}, F^{AK}, F^{AT}, F^{AS}}_{F^A}, \underbrace{F^{PF}, F^{PK}, F^{PT}, F^{PS}}_{F^P}, \underbrace{F^{TF}, F^{TK}, F^{TT}, F^{TS}}_{F^T} \}.$$

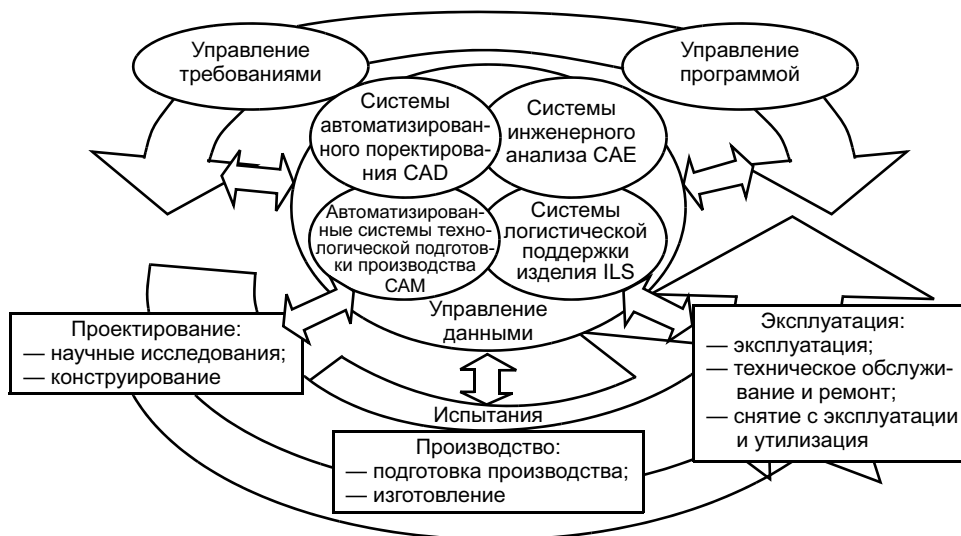


Рис. 2. Функционально-стоимостной анализ в процессе управления жизненным циклом авиационных ГТД

Аналогично каждое из множеств параметров объектов N^A, N^P, N^T делится на подмножества

$$N = N^{GL} = \left\{ \overbrace{N^{AF}, N^{AK}, N^{AT}, N^{AS}}^{N^A}, \overbrace{N^{PF}, N^{PK}, N^{PT}, N^{PS}}^{N^P}, \overbrace{N^{TF}, N^{TK}, N^{TT}, N^{TS}}^{N^T} \right\}.$$

С учетом вышеизложенного формулу (2) можно записать в виде

$$B = \{G, F^{GL}, N^{GL}\}. \quad (6)$$

Пространство проектирования $\{(F^F, N^F), (F^K, N^K), (F^T, N^T), (F^S, N^S)\}$ подразделяется на четыре сопряженных подпространства, в которых по специализированным методикам проектирования выполняются обособленные проектные работы.

Проектирование в подпространстве $((F^F, N^F), (F^K, N^K))$ обеспечивает функциональное совершенство. Подпространство $((F^K, N^K), (F^T, N^T))$ определяет реализуемость изделия в технологической системе. Проектирование в подпространстве $((F^T, N^T), (F^S, N^S))$ позволяет оценить и обеспечить технологичность конструкции изделия. В подпространстве $((F^F, N^F), (F^S, N^S))$ выполняется согласование результатов оценки функционального совершенства, реализуемости и технологичности изделия и определяется конкурентоспособность комплексных проектных решений.

Методика функционально-стоимостного анализа обеспечивает последовательное уточнение оценок (интервал, границы которого сближаются) при переходе от начальных стадий и этапов жизненного цикла к после-

дующим. Изменения конструкции, связанные с модернизацией изделий, требуют модернизации и переналадки производственной и эксплуатационной систем. В современных условиях (конверсия оборонного комплекса, обострение конкурентной борьбы) в ряду требований к процессам проектирования на первое место выходят комплексность и гибкость. Гибкость как важнейшее качество комплексных проектных решений требует интенсивной разработки и применения методов функционально-стоимостного анализа и новых информационных технологий проектирования, производства и управления, обеспечивающих переход к методам параллельного проектирования на основе математического моделирования и построения электронных макетов объектов [3].

Для обеспечения комплексности любой объект моделирования (изделие, технологическая система, технологический процесс) на всех стадиях жизненного цикла должен сопровождаться динамической, постоянно корректируемой, иерархической информационной моделью, позволяющей при изменяющихся условиях выявлять и оценивать множество рациональных вариантов комплексных проектных решений.

Каждое подпространство проектирования отражает определенный логически законченный набор мероприятий, которые необходимо выполнить до перехода к следующему этапу функционально-стоимостного анализа. Взаимосвязь этапов функционально-стоимостного анализа с процессом управления требованиями и программой реализации авиационных ГТД приведена на рис. 3.

Предлагаемая методология реализуется на основе иерархической информационной модели конструктивно-технологических решений в форме объектно-ориентированных баз знаний и банков данных. Слабоформализованная многокритериальная оценка конкурентоспособности авиационных ГТД определяется методом функционально-стоимостного анализа на основе имитационного моделирования по динамическим моделям изделия и технологической системы изготовления на производственных стадиях жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Силуянова М. В. Комплексная оценка проектных решений для сложных технических систем // Полет. 2007. № 5. С. 56—60.
2. Силуянова М. В. Применение функционально-стоимостного анализа для обеспечения принципа комплексности при проектировании сложных машиностроительных объектов // Технология машиностроения. 2007. № 6. С. 75—79.
3. Рождественская К. С., Силуянова М. В. Формирование информационного обеспечения для функционально-стоимостного анализа и управления производством авиационных двигателей // Полет. 2008. № 2. С. 43—51.



Рис. 3. Взаимосвязь этапов функционально-стоимостного анализа с управлением требованиями и программой реализации ГТД

В. М. СУМИНОВ, Е. И. ГРЕБЕНЮК
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Организационно-методическое сопровождение трудоустройства выпускников кафедры "Технология производства приборов и систем управления" "МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

В настоящее время решение задачи трудоустройства выпускников не является обязательной для вузов. Вместе с тем в условиях наметившихся тенденций развития промышленного производства в стране, морального и физического старения инженерного корпуса большинства промышленных предприятий машиностроительного комплекса трудоустройство выпускников, оканчивающих вузы по инженерным специальностям, приобретает особую актуальность и переходит из разряда проблемы каждого отдельного выпускника в общегосударственную проблему. Особенно это актуально для наукоемких отраслей промышленности, к числу которых относится приборостроение. Именно здесь стремительные темпы развития техники и технологии требуют инженерных решений, базирующихся на современных теоретических знаниях и практических навыках, которыми владеют выпускники вузов. Однако часто выпускники — будущие инженеры — не видят возможности приложения своих знаний и сил на промышленном предприятии или в научно-исследовательском институте.

Причина заключается как в инерционности мышления, когда считалось, что выпускник вуза может сделать карьеру преимущественно в бизнесе или в банковской сфере, так и в неосведомленности студентов старших курсов о возможности и условиях трудоустройства по специальности, слабой связи выпускающих кафедр с базовыми предприятиями.

Кафедра "Технология производства приборов и систем управления летательных аппаратов" имеет традиционно тесное взаимодействие с базовыми предприятиями приборостроительной отрасли и авиакосмического комплекса как в вопросах трудоустройства выпускников, так и в направлении научно-технического сотрудничества. Традиции этого взаимодействия, сложившиеся еще в 70-е годы XX века, продолжают и поныне. В эпоху обязательного распределения выпускники кафедры целыми студенческими группами пополняли ряды сотрудников отраслевых научно-исследовательских лабораторий, действующих под научным руководством кафедры на ряде базовых предприятий. Многие выпускники кафедры впоследствии стали руководителями крупных промышленных предприятий, научно-исследовательских институтов, внесли значительный вклад в развитие приборостроительной промышленности. Наше сотрудничество, несмотря на отмену обязательного распределения выпускников, сохранялось и в трудные для отечественной промышленности 90-е годы. Остро нуждаясь в молодых специалистах — выпускниках кафедры по специальностям 1903 и 2202, ряд на-

учно-исследовательских институтов и заводов учредили стипендии имени выдающихся деятелей промышленности, которые выплачивали лучшим студентам старших курсов кафедры, успешно сочетающим учебу с работой на предприятиях.

На современном этапе взаимодействие кафедры с базовыми предприятиями в вопросах трудоустройства выпускников получило новое взаимообогащающее развитие.

Базовые предприятия испытывают острую потребность в выпускниках кафедры по специальностям 1903 и 2202. В соответствии с официальными запросами на молодых специалистов на период с 2006 по 2011 гг., полученных кафедрой от предприятий, каждый выпускник кафедры ежегодно может выбирать место работы в среднем из шести предложений. Фактически каждый выпускник обеспечивается работой по специальности на базовых предприятиях. Свою задачу кафедра видит в том, чтобы мотивировать выпускника на работу по специальности. Для этого проводится комплекс воспитательных и профориентационных мероприятий, увязанных с организацией, методическим обеспечением и повышением качества учебного процесса.

Одной из таких мер является привлечение к преподаванию специальных дисциплин на старших курсах ведущих специалистов приборостроительной отрасли.

Еще одним направлением стала организация филиалов кафедры на базовых предприятиях, например на ОАО МНПК "Авионика" для специальности 1903. Проведение занятий, практических работ, выполнение курсовых и дипломных проектов по тематике современного предприятия не только позволяет студентам глубже постигнуть тонкости профессии уже на студенческой скамье, но и почувствовать возможность внести свой вклад в создание новой техники и технологии, свою профессиональную компетентность. Вместе с тем такая организация учебного процесса накладывает особые требования к содержанию учебного процесса, который должен давать знания и навыки, отвечающие запросам современного производства.

Возрождается практика создания проблемных научно-исследовательских лабораторий на базовых предприятиях, научное руководство которыми осуществляет кафедра. Студенты, начиная со старших курсов, принимают участие в работе лаборатории, выполняя курсовые и дипломные проекты по реальной тематике, активно включаясь в профессиональную деятельность. Это способствует тому, что по окончании обучения многие из них остаются на предприятии, имеют быстрый профессиональный

рост. Такая лаборатория создана в ОАО "Московский институт электромеханики и автоматики", состав которой укомплектован выпускниками кафедры, работающими на предприятии с третьего курса.

На этапе подготовки к дипломному проектированию на кафедре проводится ряд организационных мероприятий, направленных на формирование у студентов мотивации к трудоустройству по специальности. В течение трех лет начиная с 2003 г. весной на кафедре проводится ярмарка вакансий, на которую приглашаются студенты старших курсов и потенциальные работодатели — представители таких предприятий, как ФГУП "НИИ импульсной техники", ФГУП "РНИИ космического приборостроения", ОАО МНПК "Авионика", ОАО "Аэроприбор-Восход", НПО "Полус", ОАО "Машиностроительное КБ "Факел", ФГУП "Научно-производственный центр автоматики и приборостроения им. акад. Н. А. Пилюгина", ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова, ФГУП "Альтаир", ОАО "МИЭА", ОКБ "Сухого". Причем предварительно с предприятиями оговариваются условия их участия в ярмарке вакансий. Приглашаемые предприятия должны на договорной основе подтвердить свою заинтересованность в выпускниках кафедры тем, что принимают их на преддипломную практику, обеспечивают материалами по дипломному проектированию по тематике кафедры и консультантами от предприятий. Если на первых порах выполнение таких условий кафедры ставило представителей кадровых служб и отделов технического обучения в некоторое замешательство, то с течением времени практика показала, что при соответствующей методической и организационной поддержке кафедры эти требования не только выполнимы, но и вполне отвечают интересам промышленности по адаптации и закреплению молодого специалиста на рабочем месте. Ярмарка вакансий проводится в два этапа: презентация предприятий и вакансий и индивидуальные собеседования.

На презентации перед выпускниками выступают не только руководители на уровне главных инженеров и технологов, представители кадровых служб, но и выпускники кафедры прежних лет со стажем работы от 30 лет до двух месяцев. Если в 2003 г. на ярмарке присутствовали представители 10 предприятий, то в 2005 г. — более 30 представителей 15 предприятий. Помимо презентации своего предприятия, предложения вполне достойно оплачиваемых вакансий работодатели обещают будущим молодым специалистам солидные социальные пакеты, возможности обучения иностранным языкам, в аспирантуре, отсрочку от службы в армии, общежитие. Студентов, как правило, интересует широкий круг вопросов: от возможности работать на предприятии в период преддипломной практики и дипломного проектирования до наличия базы отдыха, детского сада, спортивных секций, советов молодых специалистов. Это свидетельствует о том, что многие из выпускников достаточно серьезно относятся к выбору будущего места работы, строя свои жизненные планы в соответствии с выбранной профессией. До конца апреля были организованы экскурсии на ряд предприятий, где выпускники могли познакомиться со своими будущими рабочими местами, выбрать направление будущей деятельности.

Далее ярмарка вакансий приобретает форму индивидуального собеседования. Каждое предприятие в специально выделенной аудитории проводит индивидуальные собеседования с заинтересовавшимися данным предприятием студентами, которые часто заканчиваются заполнением анкет для приема на работу, договоренностью о работе уже в летнее время и даже формулированием темы будущего дипломного проекта. Руководство некоторых предприятий после ярмарки вакансий приглашает студентов на экскурсии по подразделениям своей организации. Следует отметить, что интерес к посещению предприятий проявляют не только выпускники — пятикурсники, но и некоторые студенты четвертого курса, которые намерены начинать работать по специальности в свободное от учебы время.

В конце 5-го курса выпускники приглашаются на распределение по базам преддипломной практики. При этом кафедра неукоснительно требует как прохождения преддипломной практики на одном из базовых предприятий, которое студент имел возможность выбрать заранее на ярмарке вакансий, но и выполнения дипломного проекта по тематике предприятия.

Естественно, такая постановка вопроса требует от преподавателей кафедры — руководителей преддипломной практики и дипломного проектирования — значительного объема организационно-методической работы. Предприятия приборостроительной направленности в настоящее время отличаются многообразием выпускаемых изделий, применяемых технологий, тематики научных исследований, что требует от профессорско-преподавательского состава при ведении дипломного проектирования оперативного включения в новую тематику, мобильности, глубокой методической проработки тематики дипломных проектов. Широта тематики реальных дипломных и курсовых проектов требует от каждого из преподавателей мобильного реагирования на запросы современного производства: включение новых разделов в курсы, углубление отдельных тем, ознакомление студентов с новыми пакетами прикладных программ, которые им будут необходимы в будущей профессиональной деятельности. Фактически кафедра "Технология производства приборов и систем управления летательных аппаратов" ведет целевую подготовку специалистов для решения задач ряда базовых предприятий приборостроительной отрасли.

Итоги прежних лет показывают, что работа кафедры, добровольно взвалившей на свои плечи кропотливую работу по трудоустройству выпускников, дает свои плоды: более 94 % дипломных проектов выполняются по реальной тематике, подавляющее число выпускников остаются работать на предприятиях отрасли. Такой комплексный организационно-методический подход к трудоустройству выпускников позволяет значительно повысить качество подготовки молодых специалистов. Выпускники кафедры, по свидетельству кадровых служб базовых предприятий, по своей профессиональной компетенции не уступают студентам других ведущих технических вузов, а по активности адаптации, организованности часто значительно превосходят их. Кафедра с гордостью отмечает, что только за последние три года наши молодые специалисты на ряде предприятий номинированы в конкурсах "Лучший по профессии", отмечены как лучшие молодые специалисты.

Содержание зарубежных журналов¹

Werkstatt und Betrieb
(N 11, 2007, Германия)

Deiter F. Зажимные устройства, с. 46—50, ил. 9.

Зажимные устройства для закрепления обрабатываемой детали играют центральную роль при автоматизации и сокращении вспомогательного времени при обработке. Приведен обзор новых зажимных устройств ведущих фирм Erowa AG, Hainbuch GmbH, Heinrich Kipp Werk KG, Schunk GmbH & Co. KG. Описываются автономное оборудование с роботом и 160 поддонами Robot Compact, занимающее площадь 2 м²; зажимное устройство с нулевой точкой Unilock NSA SF, надежно закрепляемое на столе станка; гидрофицированное многопозиционное зажимное устройство с нулевой точкой Ball Lock; зажимное устройство TOPlus-IQ с использованием центробежных сил для увеличения рабочего усилия; самоцентрирующееся устройство Centrinus-IP для закрепления мелких деталей.

Термостабильные условия обработки, с. 82, 83, ил. 3.

Фирма Okuma Europe выпускает токарные и фрезерные центры, изготовленные в соответствии с концепцией Thermo Friendly Concept и оснащаемые системой компенсации температуры, что позволяет даже при существенных колебаниях температуры окружающей среды обеспечивать заданные точность и производительность обработки.

Schröder W. Оптимизация шлифования, с. 84—87, ил. 6, табл. 2.

Описывается оптимизация шлифования профиля резцы резьбонакатной плашкой за счет автоматического воспроизведения траектории шлифования. Координаты траектории можно задавать непосредственно в системе ЧПУ шлифовального станка.

(N 12, 2007, Германия)

Экономичная обработка деталей самолета, с. 13, ил. 2.

Описывается опыт применения многоцелевых станков при одновременной обработке по пяти осям деталей самолета из сплавов титана размером до 4000 × 2000 мм, характеризующейся большими силами резания и температурой. Эффективность обработки обеспечивается за счет применения приводных шпиндельных головок мощностью 110 кВт с активным демпфированием вибрации и эффективного охлаждения (высокое давление, криоген). Интенсивность съема материала достигает 12 000 см³/мин.

Обработка чугунных деталей, с. 14—16, ил. 5.

Описывается технология обработки крупных чугунных деталей в автомобильной промышленности на горизонтальном многоцелевом станке "HEC 500N Athletic" фирмы StarragHeskert мощностью 50 кВт. Частота вращения шпинделя составляет 6 000 мин⁻¹ (опция 10 000 мин⁻¹), скорость перемещения по осям X, Y и Z — 60 м/мин, давление в системе охлаждения — 8 МПа. Токарную обработку осуществляют специальными инструментами с корпусом в виде мостика и керамическими режущими пластинами.

Biermann D. et al. Подготовка режущих кромок фрезы, с. 30, 32—34, ил. 4.

Описываются технология и режимы прецизионной подготовки режущих кромок цельнотвердосплавных фрез. Речь идет об обработке режущих кромок с помощью водно-абразивной струи до нанесения соответствующего покрытия. Для повышения стабильности режущих кромок решающее значение имеет оптимальный выбор параметров водно-абразивной обработки: скорость перемещения струи, зазор между соплом и обрабатываемой режущей кромкой, угол наклона струи.

Обработка фасонных деталей, с. 45—47, ил. 4.

Фрезерно-токарный центр MC 726/MT фирмы Stama Maschinenfabrik обеспечивает комплексную обработку фасонных деталей с шести сторон диаметром описанной окружности от 15 до 100 мм и длиной до 400 мм и заготовок диаметром 600 мм и длиной 250 мм. Обработка включает фрезерование, сверление и точение. Рабочая зона центра 800 × 520 × 510 мм.

Суперфинишная обработка мелких отверстий, с. 48, ил. 2.

Точная и производительная обработка отверстий диаметром от 0,05 до 2 мм с допуском ±1 мкм выполняется на проволочно-хонинговальном станке Acuwire-L фирмы Schläfli. Отклонение от круглости составляет 0,5 мкм, концентричности — ±1 мкм; параметр шероховатости обработанной поверхности Ra = 0,012 мкм.

Behrendt A. et al. Организация технологического процесса обработки, с. 68—72, ил. 8.

Альтернативой комплексной обработке на одном рабочем месте является последовательная обработка с разделением технологических операций между металлорежущими станками в зависимости от их производительности и технологических возможностей. В этом случае можно существенно снизить затраты на организацию процесса обработки. Приведены примеры такой технологии.

Technische Rundschau
(N 1/2, Vol. 99, 2007, Швейцария)

Суперфиниширование мелких отверстий, с. 38, 39, ил. 1.

Фирма Schläfli Engineering предлагает станок Acuwire-L для суперфиниширования мелких отверстий в различных материалах, включая твердые сплавы, рубины и сапфиры, обеспечивающий максимально высокие результаты обработки с точки зрения размеров, отклонения от круглости, цилиндричности и концентричности, а также качества обработанной поверхности. Обработка осуществляется прецизионной проволокой, представляющей стабильный инструмент для получения высококачественных отверстий.

Ручные шлифовальные машины, с. 39, ил. 3.

Сообщается о возможностях шлифования различных поверхностей, включая сложные, с высокими производительностью и качеством при значительно меньших, чем обычно, затратах. Для этого разработаны ручные шлифовальные машины, работающие с пневмо- и другими приводами и обеспечивающие высокую степень безопасности оператора. В частности, такие ручные машины, работающие с использованием вибрации, можно эффективно применять в производстве турбин.

¹ Раздел подготовлен инж. Г. С. Потаповой (по вопросам получения материалов обращаться по тел./факсу: (495) 611 2137, e-mail: stankoinform@mail.ru).

American Machinist
(N 7, 2007, США)

Vernyi B. Критерии эффективности механической обработки, с. 4.

Приведен первый отчет о проводившемся журналом в 2007 г. анонимном исследовании механических цехов США. Цель исследований — предоставление информации читателям, призванной помочь при разработке планов и программ повышения конкурентности и эффективности механической обработки, а также при оценке существующего технического уровня производства на основании обобщенных производственных данных и сравнении достигнутых результатов конкретного производства с реальными данными конкурирующего производства. В частности, рассматриваются проблемы обучения студентов технологии обработки на станках с ЧПУ.

Использование изношенных инструментов, с. 8.

Сообщается о целесообразности восстановления и повторного использования как цельнотвердосплавных изношенных инструментов, так и изношенных твердосплавных режущих пластин. Практика показывает, что режущая способность даже многократно восстановленных твердосплавных инструментов практически не отличается от режущей способности новых инструментов. Восстановление подобных инструментов и режущих пластин особенно эффективно с учетом трехкратного увеличения стоимости вольфрама, основным поставщиком которого является Китай. Фирмы Kennametal и Sandvik Coromant наладили обмен изношенных инструментов на новые, что, по данным фирмы Sandvik Coromant, позволяет потребителю инструментов экономить до 8000 долл. в месяц.

Практические рекомендации, с. 14, ил. 2.

Рассматриваются способы извлечения втулки из мягкой стали из глухого отверстия с помощью метчика, вворачиваемого в отверстие втулки, и съемника, а также эффективного удаления стружки при обработке отверстий твердосплавной разверткой без внутренних каналов для СОЖ за счет ее подачи по левым спиральным канавкам.

Bates Ch. Проблемы обработки на станках с ручным управлением, с. 25, 26, ил. 2.

Станки с ЧПУ являются наиболее эффективными с точки зрения производительности и качества обработки. В то же время многие менеджеры и владельцы фирм утверждают, что ручная обработка в ряде случаев все еще имеет место и продолжает оставаться эффективной. В качестве примера описываются три производственных участка с полностью ручной обработкой фирм Parker Machine Works LLC, Sterling Machine и Apparatus Repair & Engineering. Речь идет главным образом о единичном или мелкосерийном производстве тяжелых деталей массой до 2500 кг, включающем обработку шпоночных канавок и сверление отверстий глубиной до 1,5 м.

Benes J. Зажимные устройства, с. 39—41, ил. 2.

Для закрепления нежестких или тонкостенных обрабатываемых деталей, которые могут повреждаться при применении обычных зажимных устройств, целесообразно использовать деформируемые или магнитные зажимные устройства. В качестве примера подобных специальных зажимных устройств описываются многокулачковый гидрфицированный патрон Shape-Compliant Hydraulic Chuck фирмы Hardinge, обеспечивающий закрепление деталей

круглой и некруглой формы без какой-либо деформации, и электромагнитное зажимное устройство Magnos фирмы Schunk с нижним или боковым магнитным полем, предназначенное для закрепления детали при многооперационной обработке за один проход.

(N 9, 2007, США)

Практические рекомендации, с. 16, ил. 1.

Рассматривается способ извлечения втулки из мягкой стали из глухого отверстия с помощью масла, предварительно заливаемого в отверстие втулки и штифта. При забивании штифта давление масла выталкивает втулку из отверстия.

Описана модификация горизонтального ленточно-пильного станка для облегчения разрезания под углом вязких материалов. В рабочей зоне станины станка между кулачками выполняют несколько резьбовых отверстий, к которым всегда есть доступ и с помощью которых закрепляется разрезаемая заготовка.

Benes J. Тангенциальное фрезерование, с. 34, 36, ил. 2.

Описывается новая технология тангенциального фрезерования, разработанная фирмой Ingersoll Cutting Tools и обеспечивающая увеличение интенсивности съема обрабатываемого материала при уменьшении сил резания. За счет специфической геометрии режущих пластин и уменьшения диаметра фрезы эффективная обработка может обеспечиваться даже на станках малой мощности. Речь идет о концевых торцевых фрезах диаметром 25,4 мм с четырьмя твердосплавными пластинами с покрытием TiAlN и режущими кромками длиной 8 мм, рекомендуемыми для обработки с осевой глубиной резания до 5 мм. Стойкость режущих кромок обеспечивается за счет специфической геометрии передней поверхности и заднего угла.

Cutting Tool Engineering
(N 2, Vol. 59, 2007, США)

Richter A. Технология фрезерования закаленных деталей, с. 34, 36—38, ил. 4.

Описан способ черного фрезерования пуансонов диаметром 127 мм и длиной 305 мм, закаленных до твердости 65 HRC, на вертикальном многоцелевом станке V77 с размером станины 760 × 1400 мм. Фрезерование выполняется фрезами диаметром 8 или 10 мм, работающими с незначительным вылетом с подачей 2540 мм/мин. Использование четырехкоординатного поворотного стола позволяет поворачивать обрабатываемую деталь на 360° и обрабатывать все профили с одного установа.

Richter A. Обработка мелких отверстий, с. S2—S7, ил. 3.

Проведен сравнительный анализ различных способов обработки мелких отверстий. При механической обработке, особенно при обработке глубоких отверстий, большое значение имеет подвод СОЖ непосредственно в зону резания по внутренним каналам инструмента. Это обусловлено недостаточной высокой прочностью инструмента и повышенной опасностью его поломки при защемлении стружки и повышенном нагреве. Для эффективного отвода стружки рекомендуется СОЖ на основе масла, которая обладает лучшими антифрикционными свойствами по сравнению с водной.

Morcom C. Микрообработка деталей, с. S8—S12, ил. 3.

В промышленности все шире применяют мелкие, но сложные по форме и точные по размерам детали (допуски размеров и формы не превышают 5 мкм). Для механической обработки таких деталей необходимы миниатюрные и очень точные инструменты, например, концевые фрезы и сверла диаметром до 3 мм, работающие при частоте вращения порядка 100 000 мин⁻¹. С учетом этих условий изготовители инструмента должны учитывать такие факторы, как силы резания, вибрацию и температуру, чтобы разработать инструменты, отвечающие особенностям микрообработки.

DIMA (Die Maschine)
(N 4, Vol. 61, 2007, Германия)

Электроэрозионный станок для удаления сломавшихся в отверстиях метчиков из твердых сплавов, с. 49, 50, ил. 4.

Удаление остатка сломавшегося в отверстии метчика является сложной проблемой и часто сопровождается повреждением резьбы или даже детали. Для ее эффективного решения фирма Waldmann & Weigl (Германия) предлагает специализированный электроэрозионный станок Egomobil, который удаляет метчик в течение нескольких минут с гарантией полного сохранения резьбы. В отверстие вводится полый медный или медно-вольфрамовый электрод, диаметр которого несколько меньше диаметра метчика. Станок пригоден для метчиков диаметром от M2 до M40. Для охлаждения электрода используется обычная эмульсия с ручной подачей электрода.

Современный зубошлифовальный станок, с. 56, ил. 1.

Станок 300 TWG разработан и выпускается фирмой Gleasons Corp. (США). Он предназначен для шлифования цилиндрических колес диаметром до 300 мм и отличается от известных большей производительностью, обеспечиваемой, в частности, применением устройства для правки алмазным кругом многозаходных абразивных червяков и самими червяками. Дополнительно станок может комплектоваться двухпозиционным загрузочным устройством.

Miicke K. Сменная шпиндельная головка, с. 57, ил. 1.

Описана усовершенствованная шпиндельная головка HFK 95Q фирмы Ibag Switzerland AG (Швейцария), которая выдерживает несколько тысяч автоматических замен (из магазина на шпиндель и обратно) без каких-либо проблем. При замене обеспечивается автоматическое соединение электрических кабелей и воздухопровода для подачи охлаждающего воздуха. Масса головки всего 4 кг. Максимальная частота ее вращения составляет 42 000 мин⁻¹ при мощности 2,7 кВт и крутящем моменте 0,68 Н · м.

Fertigung
(N 1/2, Vol. 34, 2007, Германия).

Тема номера: обработка коленчатых валов

Технология сверления глубоких отверстий в коленчатых валах, с. 10, 11, ил. 1.

В мире ежегодно выпускается около 55 млн валов из сталей с прочностью 800—1100 МПа, в которых сверлят наклонные отверстия диаметром 4—7 мм и длиной 14—20 диаметров. На протяжении последних 20 лет использовали однолезвийные сверла из быстрорежущей стали. На смену им пришли двухлезвийные сверла из твердых сплавов типа Titex XD-Technologie, разработанные фирмой Titex Prototyp и позволяющие повысить подачу в 2,5—4,5

раза. Они могут смазываться обычной эмульсией и использоваться на обычных обрабатывающих центрах.

Маятниковые шлифовальные станки, с. 12—14, ил. 2.

Фирма Strojirny Poldi (Чехия) ежегодно производит около 55 000 коленчатых валов для двигателей грузовых автомобилей длиной до 2000 мм. Для шлифования цапф она использует современные станки, последней новинкой которой являются станки PMD 320 5 фирмы Naxos-Union. Они имеют две независимые шлифовальные бабки с приводом мощностью 100 кВт, оснащены встроенной системой измерений, обеспечивая при этом круглость в пределах 2 мкм. Максимальная длина обрабатываемых валов из хромистых сталей составляет 1500 мм, масса — 200 кг, время обработки вала для шестицилиндрового двигателя — 20 мин.

Сверление прецизионных отверстий в коленчатых валах на токарном станке, с. 16, 17, ил. 3.

Фирма Volkswagen (Германия) использует систему тонкого сверления MO 42 серии KomTronic, разработанную фирмой Komet, в сочетании с измерительной головкой BG 40 фирмы Blum-Novotec. Головка смонтирована на револьверной головке токарного станка фирмы Niles и обеспечивает получение отверстий с точностью порядка 1 мкм.

Специальные борштанги для обрабатывающих центров, с. 42—44, ил. 3.

Описаны борштанги, выпускаемые фирмой Wohihaup-ter GmbH (Германия), известного на мировом рынке производителя тракторов мощностью 50—360 л. с., и предназначенные для черновой и чистовой обработки отверстий в корпусах бесступенчатых передач и мостах. Диаметр отверстий составляет 40—318 мм. Предлагаемые борштанги отличаются высокой точностью и экономичностью благодаря модульному исполнению и возможности использования на различных обрабатывающих центрах. Их применение снижает время обработки на 10—15 %.

Быстрое изготовление прецизионных деталей на обрабатывающих центрах, с. 46, 47, ил. 3.

Фирма Sieghard Schiller (Германия) специализируется на разработке и изготовлении автоматических систем для электронной промышленности, используя в них обрабатывающие центры C 800V, C 600V и C 30U фирмы Hermle. Последние, в частности, имеют поворотный стол диаметром 630 мм, частоту вращения шпинделя до 18 000 мин⁻¹, магазин на 117 инструментов и систему управления iT-NC 530. Центры могут обрабатывать обычные и высоколегированные стали и алюминий.

MAN: Modern Application News
(N 1, Vol. 41, 2007, Германия)

Обработка торцовыми фрезами, с. 26—27, ил. 1.

Описан опыт фирмы Hamill Manufacturing по применению насадных фрез 7710 фирмы ATI Stellram при черновой и чистовой обработке поковок для корпусов насоса. Фрезы имеют шесть круглых, зафиксированных от вращения режущих пластин X500 диаметром 20 мм, причем каждая пластина обеспечивает по восемь рабочих позиций. Фрезы позволили увеличить осевую глубину резания более, чем в 2 раза (свыше 6,4 мм за проход) и удвоить радиальную глубину резания (63 мм за проход), сократить время обработки на 60 %. При подаче 203 мм/мин удельный съем обрабатываемого материала составил 16,4 см³/мин.

8-я Международная выставка "Индустрия пластмасс—2007"

26—29 ноября 2008 г. в ЦВК "Экспоцентр" (Москва) проходила 8-я Международная выставка сырья, оборудования и технологий для производства изделий из пластмасс. Организатор выставки — ЗАО ПИК "Максима" (Россия). В выставке приняли участие более 200 фирм из 12 стран, особый интерес к российскому рынку проявили китайские производители.

В статье приведено краткое описание оборудования и технологий для производства изделий из пластмасс, вызвавших наибольший интерес у специалистов, а также предложений предприятий-разработчиков.

ООО "Ультразвуковая техника" (С.-Петербург) предложило потребителям различное технологическое оборудование.

Режущее устройство УЗРУ1-0,1/22 для резки тонких рулонных материалов: полимерных пленок, бумаги, синтетических тканей и т. д., а также деформируемых объемных материалов; срезания объемных фрагментов, например, облоя, заусенцев, наплывов от сварки и т. д. Устройство можно применять для вырубки небольших деталей сложной формы, изготовления петель, отверстий, обрезки лент. Оно состоит из генератора и колебательной системы типа скальпеля (рабочая частота 22 кГц). Мощность установки 0,15 кВт. Применение установки позволяет повысить качество резки при меньших прилагаемых усилиях и одновременно с резанием заваривать края среза, что важно при раскрое синтетических тканей.

Ультразвуковую сварочную машину УЗСМ1-0,063/22 для соединения изделий из термопластичных материалов, например, деталей автомобилей, корпусов электроаппаратуры и т. д., а также впрессовки металлоизделий в детали из термопластов. Машина состоит из генератора и станины, потребляемая мощность машины 0,12 кВт. Применение машины позволяет повысить качество соединений за счет увеличения прочности шва, исключает расходы на клей, растворитель, нитки и т. п., а также отказаться от вредных технологий с использованием органических растворителей и клеев.

Ультразвуковую ванну УЗВ2-0,4/37 для очистки и обезжиривания деталей и узлов двигателей, карбюраторов, форсунок, свечей зажигания автомобилей, деталей точной механики из металлов, компонентов электронной техники, различных изделий из керамики, пластмасс, стекла, проката черных и цветных металлов. Вместимость ультразвуковой ванны 25 л, ее габаритные размеры 270 × 370 × 270 мм, потребляемая мощность 1,2 кВт. По сравнению с традиционными технологиями применение ванны сводит к минимуму применение ручного труда, производит очистку и обезжиривание без применения органических растворителей, очищает труднодоступные участки изделий и удаляет все виды загрязнений.

Группа компаний "АЛЕКО" (Ростов-на-Дону) — производитель универсальных экструзионных технологических линий демонстрировала следующую продукцию.

Дробилку AVIAN-60/80 для переработки ПЭВД, ПЭНД, ПП, ПЭТ, отходов литья, выдувной и плоскошелевой экструзии. Получаемая фракция представляет собой мелкие частицы исходного материала, размер которой определяется величиной отверстий фильтрующей сетки. Размер камеры резки 600 × 800 мм. Мощность двигателя главного привода 110 кВт. Число стационарных ножей 4, подвижных — 14. Диаметр отверстий в фильтрующей сетке 4—25 мм. Максимальная производительность дробилки 600—700 кг/ч в зависимости от материала. Размеры загрузочной камеры 1000 × 800 мм. Габаритные размеры дробилки 2435 × 1905 × 3645 мм, масса 6,5 т.

Гранулятор SJ105/90 для переработки отходов ПЭНД, ПЭВД, ЛПЭВД, ПП. Получаемая фракция представляет собой гранулы примерно одинакового размера (3—5 мм), которые можно использовать для изготовления новой продукции. Диаметр основного шнека 105 мм, вспомогательного — 90 мм. Мощность главного привода 14 кВт, второго шнека — 5,5 кВт, нагревателей — 18 кВт. Производительность гранулятора 50 кг/ч, его габаритные размеры 4800 × 2650 × 1300 мм, масса 1,6 т.

Завод полимерного машиностроения "ТРИГЛА" (Германия) предложил потребителям оборудование и технологии для рециклинга полимеров.

Универсальный агломератор АГМ-55 (рис. 1) для измельчения, агломерирования, предварительной подсушки вторичных пленочных отходов полимерных материалов: ПЭВД, ПЭНД, ПП и ПА. Агломерация представляет собой процесс спекания дробленых кусков пленки в мелкие шарики правильной формы. Размер получаемого агломерата 0,5—5,0 мм в диаметре. Чем мельче полученный агломерат, тем более он применим в качестве вторичного сырья без дополнительной стадии гранулирования. Агломератор является устройством периодического действия и может быть использован для полного цикла переработки. Производительность агломератора при переработке пленки толщиной 80—200 мкм составляет 200—230 кг/ч; до 80 мкм — 170—200 кг/ч. Мощность агломератора 55 кВт, число ножей 8,

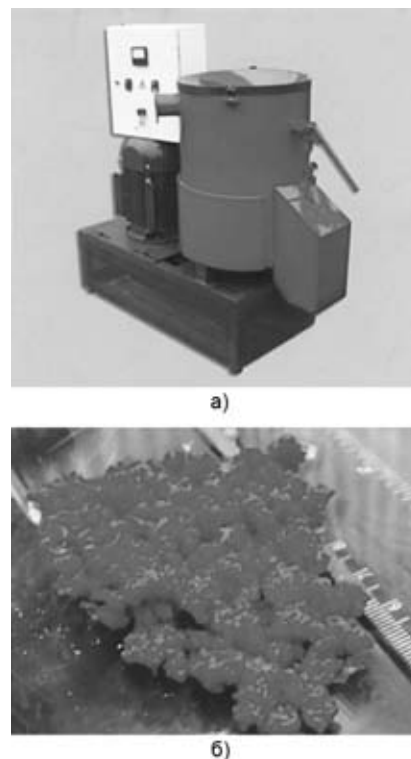


Рис. 1. Универсальный агломератор АГМ-55 (а) и измельченные пленочные отходы (б)

частота вращения ротора 2000 мин⁻¹. Габаритные размеры агломератора 2200 × 1000 × 1700 мм, масса 1,2 т.

Плоский металлодетектор METRON-S, устанавливаемый под конвейерной лентой и применяемый для инспектирования материалов, находящихся на конвейере (толщина до 15 см от поверхности конвейерной ленты). Это может быть дробленый материал, мелкие детали и т. д. Металлодетектор удобен в том случае, если нет возможности изменить конструкцию конвейера, а инспектировать груз необходимо.

Металлосепаратор Quicktron, определяющий наличие мельчайших частиц металла в свободно падающем потоке сырья и сепарирующий их в автоматическом режиме, не прерывая технологического процесса. В момент срабатывания металлосепаратора металлические частицы или частицы вместе с незначительной долей основного материала отбрасываются в сторону — в специальную емкость для отходов.

Группа компаний "Ситтетрон" (Москва) демонстрировала промышленные нагреватели различного назначения.

Керамические генераторы Elstein инфракрасного излучения, элементы которых выполнены из высококачественной керамики или стеклокерамики. В корпус генераторов вмонтированы спирали нагревателей. Технология основана на свойстве нагретой керамики излучать инфракрасные волны, которые нагревают предметы, не воздействуя на окружающую среду. Длина излучаемой волны 2—10 мкм, мощность нагревателей 16—64 кВт/м², рабочая температура 400—750 °С. В промышленности генераторы применяют для горячей эмалировки листового металла, сушки керамических плиток, оборудования для изготовления стекла, ускорения химических реакций и т. д.

Электронагреватели патронного типа для нагрева металлических деталей. Диаметр нагревателей 6—50 мм, длина — 15—1000 мм, питающее напряжение 12—480 В. Допустимая удельная нагрузка до 35 (стандартное исполнение) и до 62 Вт/см² (специальное исполнение). Рабочая температура на поверхности нагревателя до 500 °С (стандартное исполнение) и до 850 °С (специальное исполнение). Отличительной особенностью патронных электронагревателей является



Рис. 2. Термопластавтомат БЭСТ450/2900

возможность создания значительного теплового потока с их поверхности. Удельная поверхностная мощность электронагревателей может достигать 62 Вт/см².

Барановичский станкостроительный завод (Белоруссия) предложил оборудование для переработки пластмасс.

Термопластавтомат БЭСТ 450/2900 (рис. 2) для изготовления изделий из различных термопластичных материалов, пригодных для переработки методом литья под давлением с температурой плаستيляции до 350 °С. Термопластавтомат укомплектован узлом впрыска с биметаллическим покрытием — для переработки материалов с повышенными абразивными коррозионными свойствами; игольчатым клапаном сопла — для работы с материалами повышенной текучести. Расчетный объем цилиндра узла впрыска 1656 см³, диаметр шнека 80 мм, скорость впрыска 512 см³/с; частота вращения шнека до 210 мин⁻¹; число зон нагрева 5. Узел запирания с усилием 4500 кН и усилием выталкивания 100 кН, ход выталкивателя до 180 мм. Термопластавтомат оснащен устройством автоматической загрузки материала, системой дозирования, бункером-сушилкой, манипулятором, термостатом, дробилками. Питающее напряжение термопластавтомата 380 В. Напряжение цепи управления постоянного тока 24 В, переменного — 220 В; суммарная мощность 111,5 кВт, габаритные размеры 6465 × 1910 × 2336, масса 15 т.

Манипулятор БЗТ0016 с усилием замыкания до 500 т для перемещения отливок. Максимальная масса перемещаемых отливок 2 кг. Максимальный ход захвата манипулятора по осям: X (продольное перемещение) — 500 мм, Y (поперечное) — 2000 мм, Z (вертикаль-

ное) — 1000 мм. Скорость перемещения по осям X, Y, Z до 17 м/с. Точность позиционирования ±0,2 мм. Угол поворота блока захватов 90°. Привод механизмов перемещения электромеханический, поворота захвата — пневматический. Питающее напряжение манипулятора 380 В, его габаритные размеры 2970 × 1950 × 1700 мм, масса 520 кг.

Устройство дозирования БЗУ0018-04 для подачи и равномерного распределения красителя в основном компоненте с последующей подачей смеси в загрузочную зону термопластавтомата или экструдера. Процесс смешивания и дозирования осуществляется одновременно с процессом литья. Регулировка частоты вращения дозирующего шнека производится частотным преобразователем. Вместимость бункера для основного компонента 20 л, для красителя — 12 л. Производительность дозирующего шнека диаметром 15 мм составляет до 1,5 кг/ч, диаметром 20 мм — до 9 кг/ч. Установленная мощность дозатора 180 Вт, питающее напряжение 220 В, габаритные размеры 845 × 430 × 625 мм, масса 58 кг.

Компания PETROTECH (Москва) демонстрировала различные устройства для определения твердости, толщины, анализа плотности, липкости, паронепроницаемости и другие, разработанные за рубежом. Приведем краткое описание некоторых экспонатов.

Автоматический толщиномер СНУ-С2 (рис. 3), состоящий из трех основных узлов: системы управления, измерительного блока и устройства отображения данных. Толщиномер работает следующим образом. Электрический сигнал, формирующийся в измерительном блоке, поступает в систему сбора данных, предназначенную для установки и модификации пара-



Рис. 3. Автоматический толщиномер СНУ-С2

метров испытания, обработки сигналов и отображения результатов. Диапазон измерений 0—2 мм, производительность 10 анализов в 1 мин. Давление: пленка — 17,5 кПа, бумага — 50 кПа. Питающее напряжение толщиномера 220 В, его габаритные размеры 300 × 275 × 300 мм, масса 33 кг.

Автоматический лабораторный плотномер Н-200L для определения удельной плотности с разрешающей способностью 0,0001 г/см³. Удельная плотность — это отношение массы объема данного материала к массе того же объема воды при указанной температуре. Система предназначена для измерения плотности пластиков, резин, пленок, жидкостей, спеченных металлов, керамики, стекла и т. п. Мас-са плотномера 5,8 кг.

Прибор XYD-15K для определения прочностных характеристик тары, может применяться для испытания под давлением, исследования измерения формы и устойчивости при укладке в штабель картонных, деревянных ящиков и других упаковок. Прибор приводится в действие мотором на постоянном токе, оснащен высокоточным тензодатчиком и ПК для обработки данных. Максимальное усилие прибора 15 кН, точность определения нагрузки ±1 %, питающее напряжение 220 В. Габаритные размеры прибора 1200 × 1500 × 2300 мм, масса 800 кг.

ООО "Промпласт Индастри" предложило вспомогательное оборудование для производства и переработки полимеров.

Сушилку SH2000 для сушки негигроскопичных пластиковых гранул. Влага удаляется с поверхности гранулы горячим воздухом с доведением пара-

метров влажности до требуемых по технологии производства. Сушилка оснащена регулятором температуры с цифровым дисплеем. Горячий воздух поступает из генератора в бункер, в котором находится сырье и продувает его снизу вверх. Насыщенный влагой воздух удаляется в окружающую среду. Для экономии электроэнергии на подогреве воздуха на сушилке установлен клапан, позволяющий отводить в атмосферу лишь часть насыщенного влагой воздуха, а оставшуюся часть горячего воздуха вновь направляет в нагревательный узел и далее в бункер осушителя. Бункер изготовлен из коррозионно-стойкой стали с керамической теплоизоляцией. Сушилку можно оборудовать вакуумным загрузчиком, позволяющим избежать трудностей при загрузке материала в бункер осушителя вместимостью 200 м³. Расход воздуха при сушке гранул 1000 м³/ч. Мощность воздушного насоса 11 кВт, нагревателей — 36 кВт. Питающее напряжение сушилки 400 В, рабочая температура 150 °С.

Систему дозирования DMV100 (рис. 4) для дозирования и смешивания порошка и дробленки с различными характеристиками. Смеситель имеет хромированный стальной корпус и лопасти быстрого смешивания. Система дозирования установлена на загрузочном отверстии экструдера вместо загрузочного бункера и комплектуется дозатором. Формула, на основе которой осуществляется дозирование, задается панелью управления,

оснащенной LCD-дисплеем и клавиатурой. Панель управления позволяет заносить в память до 20 рецептов для дальнейшей быстрой переналадки. Регулировка дозирования осуществляется изменением скорости вращения дозирующего шнека с помощью цифровых инверторов. Производительность системы до 800 кг/ч, мощность электродвигателей трех дозаторов 0,18, 0,25 и 0,55 кВт, смесителя (вертикального) — 4 кВт, частота вращения смешивающих лопастей 280 мин⁻¹, вместимость камеры смесителя 10 м³.

Промышленный робот (ПР) SMALL2E для работы в инжекционно-литьевых машинах. Применение ПР в литьевых процессах существенно сокращает время рабочего цикла, повышает уровень механизации производства и уменьшает количество брака. ПР работает по заданной программе, его память рассчитана на 80 программ (выполняются в любой последовательности). Усилие смыкания инжекционно-литьевой машины до 300 т. Рабочие движения по оси X (поперечное) 1800 мм, Y (продольное) — 200 мм, Z (вертикальное) — 1020 мм. Питающее напряжение ПР 380 В.

Промышленный робот SIDE2 (рис. 5) для оснащения машин с очень коротким временем технологического цикла при необходимости очень быстрой выемки изделия из пресс-формы. ПР оснащен мощными сервомоторами, управляемыми контроллером, который оснащен цветным сенсорным дисплеем. Скорость входа оси

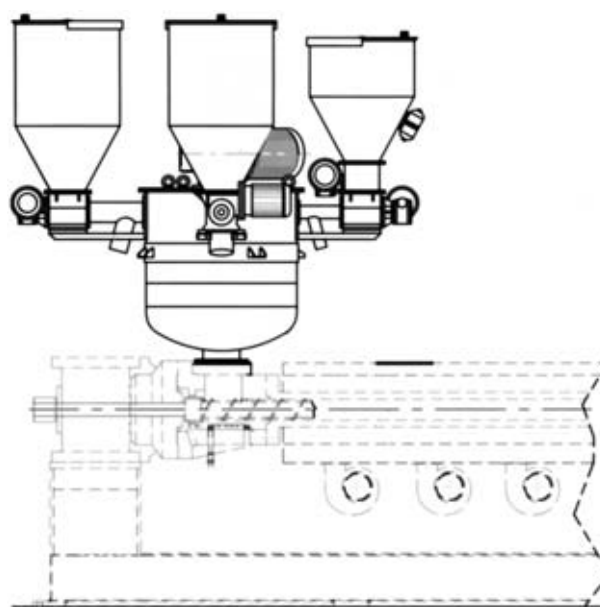


Рис. 4. Схема установки системы дозирования на экструдер



Рис. 5. Промышленный робот SIDE2

в пресс-форму до 7,5 м/с, угол поворота захвата 90°. ПР работает по заданной программе, используя готовые шаблоны, содержащиеся в памяти. По сравнению с аналогами, такие ПР имеют третью вертикальную ось, что позволяет укладывать отлитые изделия без применения дополнительных устройств. Усилие смыкания инжекционно-литьевой машины до 400 т. Рабочие движения по оси X (вертикальное) — 700 мм, Y (продольное) — 5500 мм, Z (поперечное) — 1800 мм. Масса перемещаемого груза до 4 кг, минимальное время рабочего цикла 2,7 с.

Компания "БАЛИТЕХ" (Москва) предложила оборудование для переработки пластмасс, разработанное в КНР.

Полуавтоматическую выдувную установку QCS-10A-20 для производства изделий сложной формы вместимостью 0,01—20,00 л, что позволяет экономить материал и раздувать пресс-формы, полученные с использованием вторичного материала. Программируемый логический контроллер осуществляет контроль всех технологических операций выдува, имеет интерфейс и позволяет запоминать 12 технологических режимов. Двойной узел смыкания позволяет достигать высоких скоростных характеристик, четкого позиционирования и развивать большие усилия запираания. Узел регулирования толщины пресс-формы позволяет легко настраивать установку под различные толщины пакета пресс-формы, без ограничения ее хода и открытия. Применение технологии модульных пневмоцилиндров запечатывания и вытяжки сокращает время переналадки установки для производства изделий другого типа. Применение инфракрасных нагревательных элементов обеспечивает ста-

бильность теплового потока и, как следствие, улучшает качество прогрева пресс-форм независимо от их формы. Максимальная производительность установки до 240 шт/ч при объеме изделия 20 л, его диаметре 280 мм, высоте 520 мм. Максимальное раскрытие пресс-форм 350 мм, усилие смыкания 66,5 кН. Мощность установки 26 кВт, нагревателя — 24 кВт. Рабочее давление сжатого воздуха 0,8—1,0 МПа, давление выдува 1,5—4,0 МПа. Габаритные размеры установки 2500 × 850 × 2050 мм, масса 1,16 т.

Пневмоформовочную машину S7120C с компьютерным управлением для производства методом пневмоформирования тонкостенных изделий широкого ассортимента из пластиковой ленты с одновременной вырубкой. Высокоточный сервопривод японского производства обеспечивает погрешность при подаче ленты не более 2 мм. Четырехколонная конструкция обеспечивает точность смыкания пресс-формы, износостойкость и долговечность режущих кромок пресс-формы. Для размотки ленты применено пневматическое устройство, обеспечивающее точную подачу ленты на необходимую длину, а также ее экономичный расход. Стадии технологического процесса: подача ленты в автоматическом режиме; предварительный нагрев; размягчение материала в электропечи при постоянной температуре; пневматическое деформирование; вырубка изделия в форме; выгрузка в автоматическом режиме. Машина может быть укомплектована установкой предварительного нагрева ленты и штабелерами для подборки и укладки изделий после формования. Материал используемой ленты ПП, ПС, ПВХ, АВС, ПЭТ, ее толщина

0,4—1,8 мм, ширина — 510—710 мм. Площадь формования 5400 × 650 мм, глубина формования 120—160 мм. Питающее напряжение машины 380 В, мощность главного двигателя 111,5 кВт, давление сжатого воздуха 0,8—1,0 МПа.

Высокопроизводительную экструзионную линию PE1600 для производства труб из полиэтилена. Управление линией осуществляет ПК. Для нанесения опознавательной полосы линия оснащена вспомогательным экструдером. Для изготовления труб различного диаметра линия укомплектована формующими головками. Диаметр устанавливаемых труб 800—1600 мм, длина — 5900 мм, скорость их протяжки 0,1—1,0 м/мин. Мощность двигателя узла резки 4 кВт, диаметр пилы 305 мм.

Компания ООО "Инвент Групп" — поставщик оборудования и технологий для изготовления полимерной упаковки. Приведем краткое описание некоторых предложений компании.

Сервоприводную машину VEGA800S для производства пакетов всех видов с боковым сварным швом. Возможно изготовление пакетов с петлевой ручкой или усиленной пробивной. Машина состоит из сварочного блока, блоков "танцующих" валиков для уменьшения эффекта толчков и размотки. Толщина пленки 10—100 мкм, длина пакета 50—750 мм, ширина — 150—750 мм. Механическая скорость машины до 280 циклов/мин.

Устройство WINDIGA с магнитным приводом (рис. 6) для намотки тонкой ленточки, оснащенное магнитным приводом и двигателем с низким энергопотреблением. Размеры намоточной шпули 35 × 38 × 220 мм, частота ее вращения 150—300 мин⁻¹, диаметр намотки 1300 мм. Мощность, потребляемая устройством, 120 Вт.

ООО "ПОЛИПАК" — официальный представитель фирмы MING LEE в России предложило новые разработки для термопласт-автоматов и другое оборудование.

Вакуумный индукционный автозагрузчик ML-AL 300ST применяется в качестве дополнительного оборудования для термопластавтоматов различных моделей. Автозагрузчик совместим с бункер-сушилкой ML-HD. Автозагрузчик разработан по технологиям Японии и Тайваня и выполнен из коррозионно-стойкой стали. Его применение заменяет ручной труд и гарантирует высокий уровень безопасности загрузки. Автозагрузчик ос-

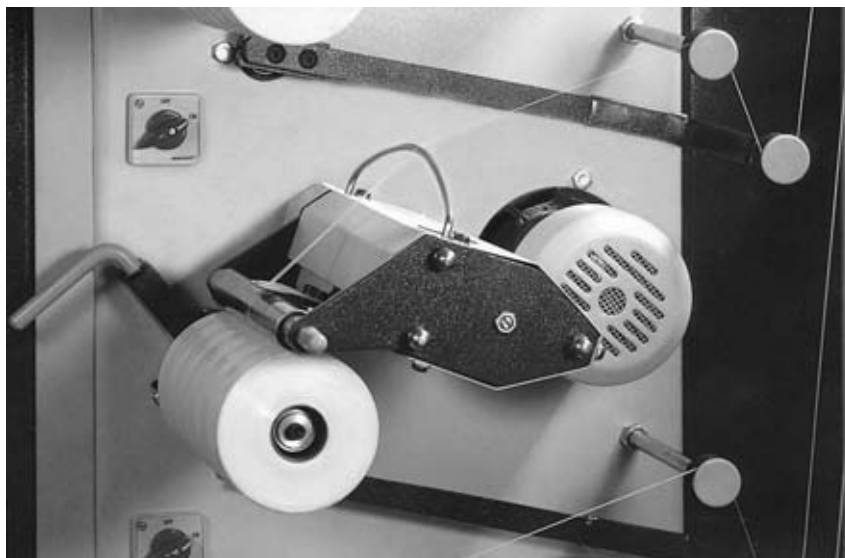


Рис. 6. Устройство WINDICA с магнитным приводом

нащен автоматической системой оповещения о недостатке материала и устройством защиты двигателя от перегрузки, работающим также в автоматическом режиме. Производительность автозагрузчика 350 кг/ч. Габаритные размеры главного контроллера 470 × 780 × 800 мм, бункера — 320 × 252 × 421 мм, масса автозагрузчика 40 кг.

Автозагрузчик для порошка ML-ALP-800, оборудованный бункером, устанавливаемым на термопластавтомат. Позволяет осуществлять транспортировку порошкового полимерного материала из резервуара для хранения в сырьевой бункер термопластавтомата. Цикл загрузки автоматизирован и изолирован с целью предотвращения попадания инородных предметов в сырье и его загрязнения. Производительность автозагрузчика 600 кг/ч, питающее напряжение 380 В, мощность пневматического насоса 3 кВт. Напряжение вибратора 220 В, его мощность 60 Вт. Габаритные размеры шкафа управления 430 × 430 × 900 мм. Вместимость бункера 35 л.

Бункер-сушилку "два в одном" ML-LD200 (рис. 7), в автоматическом режиме осушающую и транспортирующую материал и одновременно фильтрующую горячий воздух. Управление обеспечивается с помощью французской программы LOGO, японского цифрового температурного контроллера "Омрон" с ПИД-регулятором и дисплея отображения температуры, позволяющих достичь высокой точности температурного контроля и в удобном виде считывать данные.

Управление загрузкой и подачей материала осуществляется одним и тем же устройством с целью предотвращения загрязнения материала. Производительность подачи установки 650 кг/ч, вместимость бункера 200 кг. Система осушения оснащена нагревателем мощностью 9,3 кВт и вентилятором (350 кВт). Питающее напряжение сушилки 220 или 380 В, ее габаритные размеры 1400 × 850 × 2700 мм. Бункер-сушилка с корпусом из коррозионно-стойкой стали имеет конструкцию, обеспечивающую вертикальную циркуляцию горячего воздуха. Бункер



Рис. 7. Бункер-сушилка "два в одном" ML-LD200

оборудован устройствами защиты от перегрева, нарушения последовательности чередования фаз и сбоя работы вентилятора (при подаче и сушке материала). Компактная форма агрегата позволяет экономить место, а подвижная платформа — подсоединить бункер к термопластавтомату. Имеет закрытую систему трубопроводов для транспортирования готового сырья в литьевую машину, что устраняет вероятность попадания влаги в уже просушенный материал.

Контроллер температуры пресс-форм ML-ОТМ18L. Цифровой контроллер с ПИД-регулятором и автоматическим регулированием охлаждения позволяет поддерживать температуру пресс-формы на требуемом уровне с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$. Бак нагрева выполнен из коррозионно-стойкой стали, что позволяет быстро увеличивать и снижать температуру. Контроллер легко управляем, его мощность 1,5 кВт, максимальная скорость теплоносителя (масла) 200 л/мин при давлении 0,28 МПа. Габаритные размеры контроллера 750 × 420 × 650 мм, масса 115 кг.

Смеситель-дозатор ML-LM1500 — точное автодозировочное устройство, применяемое для литья под давлением и других технологий переработки пластмасс. Предназначается для равномерного смешивания материалов первичного и вторичного использования, красителей и добавок в необходимых пропорциях, что позволяет обеспечить высокое качество при минимальных потерях во время литья. Смеситель оснащен сигнализацией перегрузки двигателя (мощность двигателя 40 Вт), перегрева и неправильного подключения фаз; системой программирования режимов пропорционального перемешивания с точностью не более 1 %. Его питающее напряжение 220 В, частота вращения рабочего винта 300—3000 мин⁻¹. Вместимость бункера 10 л. Производительность смесителя 1,45—15,2 кг/ч.

Бабинорезательную машину FSL-BT-1800 (рис. 8) для резки тонких тянущихся материалов — полиэтилена толщиной от 8 мкм и более, тонких и скользких пленочных материалов равномерной толщины (допуск по толщине $\pm 5\%$), полипропилена толщиной от 20 мкм и более с допуском по толщине $\pm 6\%$. Двухвальная система контактно-центральной намотки совместно с автоматической системой контроля положения края или автома-

тической системой контроля положения рулона обеспечивают точную резку и ровную боковую поверхность наматываемых ролей. Блоки намотки (размотки) машины могут быть укомплектованы пневмвалами диаметром 50,8, 76,2 или 152,4 мм. Длина наматываемых ролей предварительно устанавливается двухуровневым счетчиком. Машина оснащена системой автоматического контроля за натяжением разматываемого и наматываемого ролей, бритвенной системой резки с канавочным валом, препятствующим растяжению материала при его резке, а также дисковыми ножами для резки толстых материалов. Рабочая скорость машины до 200 м/мин. Максимальные ширина разматываемого роля 1800 мм, наматываемого — 15 мм; диаметры разматываемого и наматываемого ролей по 600 мм. По словам разработчиков, машина хорошо подходит для массового выпуска продукции из однотипного материала.



Рис. 8. Бабинорезательная машина FSL-BT-1800

Прошедшая выставка предоставила специалистам возможность получить объективную информацию о состоянии и перспективах развития отрасли и выработать общую стратегию развития, а также ознакомиться с новыми технологиями и наладить деловые связи. В рамках выставки прошла научно-практическая конферен-

ция "Индустрия пластмасс: сырье, оборудование, современные технологии получения и переработки" и пятый международный конкурс "Лучшие промышленные полимерные материалы и изделия из них — 2007".

А. Н. ИВАНОВ, инж.

Особенности развития национального автомобилестроения в 2007 г.*

Насколько эффективна политика государства с целью интенсификации развития промышленного потенциала страны?

С какими показателями национальное автомобилестроение завершает 2007 год?

Как развиваются отечественные бизнес-структуры и корпоративные компании в условиях углубления интеграционных процессов в экономике страны?

Каковы пути повышения эффективности производства и управления в автомобильной и компонентной отраслях?

19 декабря 2007 г. в конгресс-центре Торгово-промышленной палаты РФ (Москва) состоялась 16-я Международная автомобильная конференция "Итоги и основные особенности развития автомобильной промышленности России в 2007 г.", организованная ОАО "Автосельхозмаш-холдинг" (ОАО "АСМ-холдинг") при поддержке Минэкономразвития, Минпромэнерго РФ, НП "Объединение автопроизводителей России" (ОАР) и ТПП РФ.

В работе конференции участвовали около 150 ведущих специалистов федеральных органов, крупнейших автомобильных предприятий и холдингов, компаний по производству автокомпонентов, а также консалтинговых фирм, инвестиционных структур, Внешторгбанка, научных и других организаций. На конференции были представлены 13 докладов и презентаций по различным аспектам и направлениям деятельности предприятий автомобилестроения.

* По итогам 16-й Международной автомобильной конференции.

Совершенствование политики взаимодействия государства и бизнеса с целью интенсификации развития промышленного потенциала страны

Конференцию открыл председатель Комитета ТПП РФ по предпринимательству в автомобильной сфере, генеральный директор ОАО "ИжАвто" М. Н. Добындю. На конференции были представлены доклады федеральных органов исполнительной власти: Минэкономразвития России, Минпромэнерго России, Минобороны России и Ростехрегулирования.

В докладе директора Департамента макроэкономического прогнозирования Минэкономразвития России А. Н. Клепча "Оценка вариантов развития отечественной экономики" были представлены различные технико-экономические концепции интенсификации развития промышленного потенциала страны, в том числе ведущих секторов экономики.

Разработанная Минэкономразвития России совместно с другими министерствами и ведомствами концепция долгосрочного социально-экономического развития экономики России до 2020 г., одобренная на заседании Правительства в июле 2007 г., предусматривает следующие "сценарии" развития экономики:

— **инерционное развитие** — консервация экспертно-сырьевой модели развития (снижение темпов роста ВВП до 3—4 % в год к 2015 г. Рост ВВП за 2008—2010 гг. в 1,6 раза, что не позволит решить задачи социального

развития, национальной безопасности, укрепления позиции России в мире);

— **энерго-сырьевое развитие** — сохранение зависимости от конъюнктуры нефтяных и сырьевых рынков и общее технологическое отставание, невозможность решения вопроса социального развития и национальной безопасности (рост ВВП в 2 раза, темпы роста в 2016—2020 гг. — 4,5—5,5 %);

— **инновационное развитие** — развитие промышленности с учетом новых технологий (темпы роста ВВП в 2008—2020 гг. 6,1—6,9 %. Рост ВВП более чем в 2,5 раза, развитие промышленности, паритет покупательной способности по отношению к США составит 53 % вместо 28 % в 2006 г.).

Именно на инновационное развитие экономики России должна быть сориентирована концепция развития автомобильной промышленности России до 2020 г. В докладе отмечена системная проблема российского автомобилестроения — ликвидация технологического отставания от мирового уровня и повышение конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынках. Ее решение наряду с финансовыми и экономическими сложностями затрудняет несовершенство отечественного законодательства. В частности, инвестиции в автомобилестроение. Капиталовложения в основном связаны с приходом зарубежных производителей. Причем тот рост, который демонстрирует автомобилестроение в последние годы, не опирается на серьезные инвестиции. По статистике Росстата, за последние два года инвестиции в автомобилестроение снизились, а не выросли: примерно с 600—700 млн \$ до 300 млн \$. Без существенного инвестиционного рывка создать мощности по производству автокомпонентов и автомобилей не получится. Наиболее "болевой" точкой автомобилестроения является производство легковых автомобилей. При росте импорта к 2010 г. до 2 млн автомобилей и ожидаемой сборки иномарок в России до 1 млн 300 тыс. ниша для производства отечественных марок оказывается очень небольшой. По сути дела, речь идет о производстве 600—700 тыс. автомобилей к 2010 г., что меньше, чем производится сейчас. Это не согласуется с планами производства, которые сегодня на перспективу разрабатывает ОАО "Авто ВАЗ" и другие отечественные производители.

Политика государства в автомобилестроении еще не сформировалась. Оно только нащупывает разные подходы и инновации для стимулирования промышленности. Тем не менее сформирована политика в области таможенного регулирования. Новых повышений тарифов ожидать не следует. После вступления в ВТО уровень тарифной защиты будет только снижаться.

Кроме того, у государства есть инструмент федеральных целевых программ. Сейчас идет работа по формированию целевой программы, направленной на стимулирование внедрения новейших автомобильных технологий в легковом и грузовом автомобилестроении. Реализация программы намечена на 2010 г.

В докладе заместителя директора Департамента промышленности Минпромэнерго России В. В. Семенова "Современные принципы формирования промышленной политики государства в машиностроении" был сделан акцент на устойчивое развитие отечественного машиностроения и его интеграцию в мировую экономику в связи с предстоящим вступлением России в ВТО. Особое внимание было

уделено отечественному автомобилестроению с учетом проходящих интеграционных процессов в экономике страны.

Реализуемая министерством промышленная политика изменила лицо российского автомобильного рынка, а особенно рынка легковых автомобилей. В России созданы благоприятные условия для организации мощностей по производству конкурентоспособной техники.

В соответствии с порядком, определяющим понятие "промышленная сборка", заключены 22 инвестиционных соглашения по организации сборки автомобилей. Реализация этих проектов предполагает создание к 2012 г. дополнительных производственных мощностей по выпуску более 1,4 млн автомобилей в год, что позволит увеличить количество рабочих мест на 45 тыс. Объем инвестиций составит более 4,2 млрд \$ США.

За 11 месяцев 2007 г. в России было изготовлено 409 тыс. легковых автомобилей иностранных брендов (рост производства по сравнению с аналогичным периодом 2006 г. составил 64,7 %). Их было произведено 34,9 % от общего количества легковых автомобилей (за 11 месяцев 2006 г. этот показатель составил 23,1 %).

В сентябре 2007 г. были внесены изменения в приказ по "промышленной сборке": с 10 ноября 2007 г. с российскими юридическими лицами прекращено подписание соглашений по "промышленной сборке" автомобилей и компонентов, за исключением тех компаний, которые успели подписать с Минэкономразвития соответствующие соглашения о намерении.

Докладчик отметил, что создание в России современной автомобильной индустрии невозможно без сильной компонентной базы, которая смогла бы эффективно поддерживать конкурентоспособность автосборочных производств, а в перспективе — и создание качественно новых продуктов. В настоящий момент уровень развития компонентной отрасли остается фундаментальной проблемой для российского автопрома.

В настоящий момент подписан ряд соглашений по "промышленной сборке" автокомпонентов; подписаны меморандумы о намерении более чем по 80 проектам. Предприятия заявляют о своих намерениях поставлять продукцию более высокого уровня переработки. Например, металлургические предприятия прорабатывают вопрос организации пресового завода для производства штампованных деталей кузова автомобиля. Объемы выпуска автомобилей делают такие производства экономически эффективными. Компонентная отрасль дает импульс развитию таких смежных отраслей промышленности, как металлургия, химия, легкая промышленность.

Одним из главных условий развития автомобильной промышленности, по мнению докладчика, является цивилизованное регулирование автомобильного рынка. Государство не может и не должно пропускать на рынок давно устаревшую автомобильную технику, не соответствующую никаким требованиям. Поэтому министерство намерено уделять серьезное внимание вопросам технического регулирования: разработке новых регламентов и контролю за одинаковым соблюдением уже принятых норм всеми участниками рынка.

Министерство принимает активное участие во всемирном форуме по согласованию правил в области транспортных средств. Сессии проводятся на постоянной основе 2 раза в год.

В соответствии со специальным техническим регламентом "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ", утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2005 г. № 609, с 1 января 2008 г. в России вводятся в действие технические нормативы выбросов вредных веществ экологического класса 3.

Разрабатывается проект специального технического регламента "О требованиях к безопасности при утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств и их составных частей".

Министерство уделяет большое внимание развитию как первичного рынка автомобилей, так и вторичного. После дискуссий с представителями Ассоциации европейского бизнеса Минпромэнерго России поддержало внесение изменений в налоговый кодекс в части исключения взимания НДС при продаже автомобилей в системе трейд-ин.

В заключение докладчик отметил, что важным фактором промышленной политики государства и Минпромэнерго РФ является поддержание диалога с участниками рынка и их представителями (Объединением автопроизводителей России, НАПАК, Ассоциацией автомобильных инженеров), потому что только так можно создать устойчивую и работоспособную систему регулирования и поддержки развития автопрома.

"Проблемы реализации требований войск в перспективной военной автомобильной технике" были рассмотрены в докладе председателя Научно-технического комитета ГАБТУ МО РФ В. В. Ореханова. Докладчик отметил, что благодаря тесному взаимодействию Минобороны РФ и автомобильной промышленности разработаны современные семейства автомобилей многоцелевого назначения. Действующий типаж включает более 1500 образцов военной техники. Основные задачи, требующие срочного решения для производства военной автомобильной техники (ВАТ) нового поколения, следующие:

- создание производства по выпуску отечественных современных автомобильных компонентов;
- технологическое перевооружение и повышение эффективности работы головных предприятий отрасли на основе привлечения инвестиций бизнеса России;
- участие смежных отраслей промышленности в выпуске необходимых отечественных современных материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, технологического и испытательного оборудования и контрольных приборов;
- привлечение инвестиций для перевооружения производства.

Для реализации этих и других задач предлагается разработка и реализация комплексной целевой программы (КЦП) развития военной автомобильной техники. КЦП должна распространиться на всю автомобильную промышленность и охватить всю номенклатуру автомобильных заводов (ОАО "УАЗ", ОАО "ГАЗ", АМО ЗИЛ, ОАО "АЗ "Урал", ОАО "КАМАЗ" и др.) с целью объединения усилий и координации их развития, в том числе и обновления основных производственных фондов.

В докладе отмечено, что существовавшая ранее довольно стройная государственная система управления качеством продукции на всех стадиях ее жизненного цикла была упразднена. К тому же произошла децентрализация

испытаний серийной техники с последующим сосредоточением их на каждом отдельно взятом предприятии отрасли. Многие важные свойства и параметры автомобиля оказались вне поля зрения государственного контроля качества.

Государственной политике в области стандартизации, в том числе продукции автостроения, был посвящен доклад заместителя директора Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии С. В. Пугачева "Закон о техническом регулировании: анализ влияния принятых изменений на развитие отечественного автостроения". В докладе подробно рассмотрены принятый комплекс изменений, дополнений, введенные новые национальные стандарты на автотранспортные средства.

Модифицированы и дополнены технические требования для получения "Одобрения типа транспортного средства". Введены новые национальные стандарты — ГОСТ Р 51616 (внутренний шум автомобилей), ГОСТ Р 51815 (квадрициклы), ГОСТ Р 50993 (вентиляция и отопление), ГОСТ Р 51206 (содержание вредных веществ в кабине и салоне), ГОСТ Р 52302 (управляемость и устойчивость), ГОСТ Р 52388 (световые приборы мототехники), ГОСТ Р 51266 (обзорность), ГОСТ Р 50884 (автобусы для инвалидов), ГОСТ Р 51160 (автобусы для детей), ГОСТ Р 51980 (маркировка).

Введены требования к транспортным средствам, сертификация которых в предыдущей редакции не предусматривалась — квадрициклы.

Реалии и перспективы развития российского автопрома

На конференции были представлены доклады руководителей исполнительной дирекции ОАР и Комитета ТПП по предпринимательству в автомобильной сфере, характеризующие итоги работы автопрома за 2007 г., а также перспективы развития отрасли до 2020 г. В частности, в сообщении заместителя исполнительного директора НП "ОАР" А. М. Сереженкина "Предварительные итоги работы автомобильной промышленности России за 2007 г. и прогноз основных показателей на 2008 г. Основные направления развития автомобильной промышленности России до 2020 г." дан развернутый обзор производства во всех секторах автомобилестроения (легковым, грузовым автомобилям и автобусам) по предварительным итогам года.

В докладе отмечается, что в 2007 г. в России сохранялись высокие темпы производства автотранспортных средств. За этот период ожидается производство 1632,5 тыс. автомобилей или на 8,2 % больше, чем за 2006 г. Увеличение выпуска автомобилей наблюдается во всех секторах автомобилестроения.

Этапы реализации основных направлений развития автомобилестроения

1 этап — 2008—2010 гг. — организация и расширение выпуска автомобильной техники и автокомпонентов предприятиями с иностранным капиталом, переоснащение действующих предприятий, совершенствование законодательства, создание новых модельных рядов автомобильной техники.

2 этап — 2011—2015 гг. — создание новых экспортно-ориентированных производств автомобильной техники и автокомпонентов.

3 этап — 2016—2020 гг. — обеспечение 70 % внутренней потребности страны в автомобильной технике и поставки 30 % автомобилей на экспорт за счет продукции российских производителей.

1 этап (2008—2010 гг.):

— к 2010 г. все предприятия с иностранными капиталовложениями должны обеспечить SKD — производство автомобильной техники с локализацией в стране не менее 40 % производства комплектующих изделий;

— дополнительное создание мощностей по выпуску до 500 тыс. легковых автомобилей и 1 млн силовых агрегатов;

— развитие в России производства компонентной базы.

При этом заводы по производству автокомпонентов должны создаваться по принципу максимальной технологической унификации при максимальном расширении типовых рядов;

— создание в Российской Федерации к 2010 г. как минимум трех автомобильных кластеров: Северо-Западного (Санкт-Петербург, Ленинградская область, Калининград, В. Новгород); Центрального (Москва, Московская область, Калужская, Смоленская и Владимирская области); Поволжского (Ижевск, Н. Новгород, Татарстан, Самарская область, Ульяновск);

— создание автосборочных заводов на принципах SKD сборки в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах.

Принимаемые в этот период нормативно-правовые меры должны охватывать техническое и финансовое законодательство.

Несмотря на прогнозируемый рост производства автомобильной техники на принципах "промышленной сборки", производство автомобильной техники будет отставать от потребности рынка более чем на 1 млн автомобилей в год.

2 этап (2011—2015 гг.)

Для сокращения импорта и повышения уровня занятости населения представляется необходимым в 2011—2015 гг. создать два-три производства автомобильной техники общим объемом не менее 1 млн автомобилей в год. При этом, учитывая опыт развития автомобильной промышленности в КНР, необходимо принять решение Правительства Российской Федерации о создании производств автомобильной техники примерно с равными долями объемов инвестиций со стороны государства и частного инвестора. Участие государства в развитии автомобильного бизнеса в последующем может быть прекращено за счет реализации доли государства на рынке недвижимости.

3 этап (2015—2020 гг.)

Используя производственный потенциал по выпуску конкурентоспособной на мировом рынке продукции автомобилестроения, необходимо обеспечить увеличение экспорта до объемов, составляющих не менее 30 % от ее производства. При этом за счет создания новых модельных рядов планируется обеспечить не менее 70 % потребности страны в автомобильной технике, произведенной в Российской Федерации.

Результаты реализации основных направлений развития отрасли

Автомобильная промышленность России должна стать конкурентоспособной отраслью в условиях глобального рынка.

Объем производства автомобильной техники в стране к 2020 г. должен составить более 5,9 млн шт., в том числе грузовых автомобилей — 680 тыс. шт., автобусов — 140 тыс. шт., легковых автомобилей — около 5,1 млн шт. При этом количество легковых автомобилей, приходящихся на 1000 жителей России, возрастет с 188 шт. в 2006 г. до 350 шт. в 2020 г.

Автомобильная техника, произведенная на российских предприятиях, должна составлять не менее 70 % автомобильного рынка страны. Более 30 % продукции автомобилестроения должно поставляться на экспорт. В России должна быть создана высокотехнологичная индустрия автомобильных компонентов, которая должна полноправно участвовать в международной кооперации производителей автокомпонентов.

Автомобильная техника, поставляемая по государственным заказам, должна в основном производиться на заводах в России.

Производительность труда на российских предприятиях автомобилестроения должна достигнуть уровня мировых автопроизводителей, при этом увеличение объемов производства должно обеспечиваться без увеличения числа занятых в отрасли.

Основные риски реализации основных направлений развития отрасли:

— падение мировых цен на нефть и связанное с этим снижение покупательной способности потребителей автомобильной техники;

— консервирование экспортно-сырьевой модели социально-экономического развития России;

— чрезмерное укрепление рубля по отношению к мировым валютам;

— исчерпание рентабельных эксплуатируемых запасов ряда природных ресурсов (нефти, цветных металлов).

Приведенный выше проект стратегии разработан с учетом сценария инновационного развития экономики России, представленного в проекте Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации и Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г., а также подготовки к вступлению в ВТО. Проект стратегии был рассмотрен на Совете партнерства и утвержден в ноябре 2007 г.

Роль региональной политики, научных и банковских бизнес-структур при решении проблем становления российского автопрома

В работе конференции приняли участие руководители Правительства Москвы, ряд корпоративных производителей автомобилей — Группа компаний "Автотор", ОАО "Автофрамос", а также научная организация ОАО "ВНИИ НП" и Группа ВТБ.

Региональной политике в промышленном производстве было посвящено выступление представителя Правительства Москвы на тему "О формировании инвестиционного климата в сфере промышленности Москвы".

Давая оценку результатам работы промышленного производства в Москве, докладчик отметил более высокие темпы роста объемов производства легковых автомобилей в 2007 г. по сравнению с российскими как по действующим ценам — 135,6 % (против 109,3 % по России), так и в натуральном выражении — рост 134,3 %. Этому в значительной степени способствовали меры по

реализации мероприятий Комплексной программы промышленной деятельности на 2007—2009 гг. в области бюджетных субсидий и кредитов, а также принятые прогрессивные законы города:

- об установлении ставки налога на прибыль организаций, подлежащего зачислению в бюджет города в размере 13,5 % для организаций, осуществляющих производство автомобилей;

- о льготе по налогу на имущество организаций, осуществляющих производство автомобилей или сдающих его в аренду организациям, осуществляющим производство автомобилей.

Для предприятий, осуществляющих производство автомобилей и автокомпонентов, предусматривается льготная ставка арендной платы на землю, которая составляет 0,1 % от кадастровой стоимости земельного участка.

Докладчик подробно охарактеризовал меры, принимаемые Правительством Москвы по поддержке концепции глубокой реструктуризации и реформирования производственных мощностей на автомобильных предприятиях с участием капитала Правительства Москвы, а также содействию в развитии мощностей по производству автомобилей в ОАО "АМО ЗИЛ" и ОАО "Автофрамос".

Другое стратегическое соглашение с корпорацией INI (Япония) — крупнейшим производителем штампового оборудования и автокомпонентов для иномарок, производимых в России, отечественных и международных автопроизводителей начнет реальное производство в 2008 г.

Создано СП для производства гидроусилителей руля (ГУРов) новейшего поколения (Смоленск).

Значительно (в 1,3 раза) увеличился в 2007 г. рост производства новых моделей автомобилей (семейство трехосных эвакуаторов, бескапотных автомобилей семейства "KENTAVR").

В 2006—2007 гг. в составе холдинга АМО "ЗИЛ" развиваются новые предприятия:

- выкуплен пакет акций Рязанского автоагрегатного завода. Таким образом, АМО "ЗИЛ" восстановил контроль над поставщиком и единственным в России производителем автомобильных осей для автозаводов "ЗИЛ", "ПАЗ", "КАВЗ" и др.;

- образовано новое дочернее предприятие "МОСАВТОТЕСТ". Компания была создана на базе лабораторий АМО "ЗИЛ" и специализируется как научно-исследовательский испытательный сертификационный центр автокомпонентов и запасных частей;

- организуется новейшее литейное производство на базе приобретенного Каширского литейного завода "Станколит" для создания предприятия с новейшими литейными технологиями.

Проблемам и перспективам дальнейшего развития производства легковых и коммерческих автомобилей на предприятиях с иностранным участием, работающих как в режиме промсборки, так и иных режимах таможенного регулирования ввоза автокомпонентов, были посвящены выступления руководителей и топ-менеджеров ЗАО "Автотор" и ОАО "Автофрамос": "Оптимизация модельного ряда выпускаемых автомобилей в ЗАО "Автотор" с учетом действующих нормативно-законодательных условий организации их производства" и "Перспективы и основ-

ные проблемы развития мощностей по производству легковых автомобилей в ОАО "Автофрамос".

Развитию рынка применения современных видов топлива в России было посвящено выступление главного технолога ОАО "ВНИИ НП" В. В. Булатникова "Подготовка к введению в действие технического регламента "О требованиях к бензинам, дизельному топливу и отдельным горюче-смазочным материалам — важнейший этап перехода к европейским экологическим нормам". Разработанный нормативный документ устанавливает показатели качества, снижение содержания серы, в частности в автомобильном бензине, а также сроки перехода на выпуск автомобильного бензина и дизельного топлива Евро-3 — Евро-5.

Наряду с оборотом дизельного топлива Евро-3 и Евро-4 регламент допускает производство топлива с содержанием серы до 0,2 % для использования в сельскохозяйственной и внедорожной технике. Докладчик обратил внимание на ситуацию, когда российские изготовители техники в своей технической документации в большинстве случаев не допускают применение даже в ограниченных пределах альтернативных видов топлива без проведения комплекса стендовых и дорожных испытаний.

Докладчик сообщил о завершении разработок национальных стандартов, полностью соответствующих требованиям технического регламента. Целый ряд межгосударственных и национальных стандартов на методы испытаний нефтяных топлив и отбор проб находится в стадии завершения.

Вместе с тем докладчик отметил значительное отставание уровня отечественной нефтепереработки от США, Японии и Западной Европы, а существующие мощности используются недостаточно эффективно. По его мнению, процесс внедрения данного регламента будет непростым и потребует немалых затрат от нефтеперерабатывающих предприятий, что неминуемо скажется на цене топлива. Но последние решения показали, что правительство на какие-либо уступки в вопросе улучшения экологического состояния идти не намерено.

Результаты работы конференции показали, что российское автомобилестроение имеет высокий потенциал и хорошие перспективы дальнейшего развития. В последние годы наметилась активная поддержка со стороны государственных и региональных органов управления отечественных производителей автомобильной техники.

Конференция способствовала объединению усилий представителей государственной власти и бизнесменов, ученых и инвесторов, промышленников и предпринимателей в реформировании автомобильного бизнеса и выработке согласованных решений в области экономического, технического сотрудничества и дальнейшего развития автомобильной отрасли в России.

По итогам конференции издан сборник докладов и тезисов, который можно заказать в Департаменте консалтинговой, выставочной и издательской деятельности ОАО "АСМ-холдинг" (www.asm-holding.ru).

Е. С. ДОБРИНСКИЙ, канд. техн. наук
(Академия проблем качества РФ),
В. А. СЕИН, инж.
(ОАО "АСМ-холдинг")

Календарь выставок на III квартал 2008 г.

Москва*			
Московский международный автомобильный салон	27.08—07.09	МВЦ "Крокус Экспо"	143400, Московская обл., Красногорск, 66-й км МКАД, тел./факс: (495) 727 2524
Наука. Промышленность. Инвестиции 14-я Московская промышленная выставка	30.08—02.09	ОАО "ГАО ВВЦ"	129223, Москва, пр-т Мира, ВВЦ, стр. 119, тел.: (495) 544 3400
ALUMICO 2-я Международная специализированная выставка технологий и оборудования для производства и переработки алюминия	17.09—19.09	МВЦ "Крокус Экспо" МВК, КВЦ "Сокольники"	— 107113, Москва, Сокольнический вал, 1, тел.: (495) 995 0595
Intertool Международная специализированная выставка инструментов, оборудования и промышленных технологий	30.09—03.10	МВЦ "Крокус Экспо" ООО "АйТиИ"	— Москва, тел.: (495) 935 7350, факс: (495) 935 7351
Санкт-Петербург*			
ПРОМЭКСПО-Российский промышленник Международный промышленный форум-выставка	22.09—25.09	ВК "Ленэкспо" ВО "Рэстек"	199106, С.-Петербург, Васильевский о-в, Большой пр-т, 103, тел.: (812) 321 2819 197110, Санкт-Петербург, ул. Петрозаводская, 12, тел.: (812) 320 6363
Атомная промышленность Специализированная выставка	22.09—25.09	ВО "Рэстек"	—
Мехатроника и робототехника 2-я Международная выставка-конгресс	22.09—25.09	ВК "Ленэкспо"	—
HI-TECH Международная выставка-конгресс "Высокие технологии. Инновации. Инвестиции"	22.09—25.09	ВО "Рэстек"	—
Регионы России*			
Энергетика. Ресурсосбережение. Экология Специализированная выставка	06.08—08.08	Белгородская ТПП "Белэкспоцентр"	308015, Белгород, ул. Победы, 147 А, тел./факс: (4722) 582 940
Авиакосмические технологии и оборудование Специализированная выставка-ярмарка	12.08—15.08	ВЦ "Казанская ярмарка"	420059, Казань, Оренбургский тракт, 8, тел.: (843) 570 5111
ТехноЭкспо Специализированная промышленная выставка	02.09—04.09	ВЦ "Софит-экспо"	410004, Саратов, ул. Чернышевского, 60/62, тел.: (8452) 205 470
МЕТМАШ, Станкоинструмент Специализированная выставка	03.09—05.09	ВЦ "Вертол-экспо"	344038, Ростов-на-Дону, пр-т М. Нагибина, 30, тел.: (863) 268 7768
Промышленная экология. Безопасность Специализированная выставка	10.09—12.09	ВЦ "Казанская ярмарка"	420059, Казань, Оренбургский тракт, 8, тел.: (843) 570 5111
Единая Россия Международный научно-промышленный экономический форум	10.09—14.09	ВЗАО "Нижегородская ярмарка"	603086, Н. Новгород, ул. Совнаркомовская, 13, тел.: (8312) 77 5590, факс: (8312) 77 5674
Уралметаллэкспо Уральская промышленная выставка-ярмарка	11.09—13.09	ФКП "Нижнетагильский институт испытания металлов"	622015, Нижний Тагил, Свердловская обл., ул. Гагарина, 29, тел.: (3435) 439 020
Металлообработка Специализированная выставка металлообрабатывающих технологий и оборудования	16.09—18.09	ВО "Уральские выставки-2000"	620027, Екатеринбург, ул. Свердлова, 11 А, оф. 202, тел./факс: (343) 355 5195
Мир крепежа. Инструменты Специализированная выставка	16.09—18.09	"	"
Техмашэкспо Специализированная промышленная выставка	16.09—19.09	ИМВК "Сибэкспоцентр"	660054, Иркутск, ул. Байкальская, 253А, тел.: (3952) 35 2239, факс: (3952) 35 8223
Безопасность. Охрана труда Межрегиональная специализированная выставка	23.09—25.09	Ярославский ЦНТИ	150003, Ярославль, пр-т Ленина, 2А, тел.: (4852) 303 981
Компрессоры. Техника. Пневматика Специализированная выставка	24.09—26.09	ВФ "Татэкспо"	420503, Казань, ул. Пушкина, 18, тел.: (8432) 645 925
ПРОМТЕХНОЭКСПО. Безопасность Многоотраслевая выставка ведущих отраслей промышленного комплекса	25.09—28.09	Хабаровская международная выставка	680000, Хабаровск, а/я 13/1, тел./факс: (4212) 346 129
Белоруссия*			
Мир металла Международная специализированная выставка	23.09—26.09	НВЦ "Белэкспо"	220035, Минск, ул. Победителей, 14, тел.: (375-17) 250 2586

Казахстан*			
Water Tech Central Asia <i>Международная центрально-азиатская выставка "Вода и водные технологии"</i>	16.09—18.09	Казахский центр делового сотрудни- чества "Атакент"	050057, Алматы, ул. Тимирязева, 42, тел.: (10-7-727) 258 3434
ECOTECH <i>Международная центрально-азиатская выставка "Экология и экоуслуги для промышленности и муниципального хозяйства"</i>	17.09—19.09	"	"
Латвия*			
Управление и финансы предприятия <i>Международная выставка управления предприятиями, финансами и бизнесом</i>	24.09—26.09	BT-1	Рига, ул. Кипсалас, 8, тел.: (+371) 706 5000
Украина*			
Электротех <i>Международная специализированная выставка электротехнической продукции</i>	17.09—19.09	ГПМ Украины	01801, Киев, Б. Житомирская, 33
Австрия**			
61-й Международный конгресс МИСа	06.08—11.08	Грац ИЭС им. Е. О. Патона	KOpernikusgasse, 24, A-8010 Craz, тел.: +4331 6873 718 203680, Киев, ул. Боженко, 11, тел./факс: (380-44) 529 2623
Германия***			
Большая сварочная неделя в DVS	17.09—19.09	DVS-Deutsher Ver- band fur Schweis- sen und verwandte	Дюссельдорф, тел.: +49211/456 001, факс: +49211/4560668
ICCA <i>11-я Международная конференция по алюминевым сплавам</i>	22.09—26.09	ИЭС им. Е. О. Патона	Франкфурт
Motek <i>Международная специализированная выставка монтажно-сборочных технологий</i>	22.09—25.09	P. E. Schall GmbH Messe unter nehmen	Зинсхайм, тел.: +49 7025/92 060, факс: + 49 7025/92 06620
Польша*			
METAL <i>Международная выставка литейных технологий</i>	24.09—25.09	Kielce Trade Fairs	Кельце, тел.: (10-48) 413 651 222
Хорватия*			
WELDING <i>Международная выставка сварки</i>	23.09—27.09	Zagreb Fair	Загреб, тел.: (10-385) 16503111
Чехия*			
MSV <i>Международная промышленная ярмарка</i>	15.09—19.09	Trade Fairs	
ЮАР*			
ELECTRA MINING Africa <i>Международная южно-африканская выставка горнодобывающей промышленности, электро- техники, технологий производства топлива</i>	08.09—12.09	Specialised Exhi- bitions Ltd	Йоханнесбург, тел.: (10-27) 11/835 1565
* По данным справочника "Выставки и ярмарки — 2008. Россия, ближнее и дальнее зарубежье". М.: ИВА "ИнформЭКСПО", 2008. Тел./факс: (495) 925 7524, 221 7049. ** По данным ИЭС им. Е. О. Патона, тел./факс: (38-044) 529 2623.			
Возможны изменения.			

Издательский центр "Технология машиностроения"

127018, Москва, ул. Октябрьская, 35

 Сдано в набор 05.03.2008. Подписано в печать 17.04.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 10,23. Уч.-изд. л. 14,31. Заказ 05/08.

Отпечатано в типографии издательства "Фолиум", 127238, Москва, Дмитровское ш., 58, тел./факс: (495) 482 5590.

Подписные индексы журнала "Технология машиностроения":
79494 в каталоге Агентства "Роспечать"

27869 в Объединенном каталоге "Пресса России"

60190 в каталоге "Почта России"