ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СБОРКА В МАШИНОСТРОЕНИИ, ПРИБОРОСТРОЕНИИ

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ

ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИЙ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

2 2012 (139)

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация сборочного производства

Александров Б.Ю. Управленческий ресурс как фактор обеспечения эффективности предприятий переработки . . . 3

Ицкович И.И., Пономарёв В.А. Экономический анализ сборочных спецификаций газотурбинных двигателей . . . 12

Сборочное оборудование и его элементы

Трегубов А.В., Ладыгина О.М. Шпули на гибких основах, способ и устройства для их наматывания . . . 16

Современные технологии сборки

Житников Ю.З., Житников Б.Ю. Классификация способов надежной доориентации узлов и деталей при автоматизированной сборке . . . 19

Кристаль М.Г., Харькин О.С. Устройство контроля и многодиапазонной сортировки деталей с программируемой системой управления . . . 27

Сборочно-сварочные работы. Пайка

Зверев С.В. Пайка конструкций из высокопрочных сталей с сотовым наполнителем . . . 31

Питание сборочных линий. Комплектация. Складирование. Упаковка

Волчкевич И.Л. Обеспечение потребностей сборки при изготовлении деталей машин . . . 34

Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Антонюк В.С., Мережаный Ю.Г., Пономаренко А.И. Автоматизированный контроль микроклимата производственных помещений для сборки прецизионных приборов . . . 38

Информация

Условные обозначения покрытых электродов . . . 44

75 лет А.А. Гусеву . . . 46

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу “Роспечать” – **79748**, Объединенному каталогу “Пресса России” – **84967**, каталогу "Почта России" – **60257**) или непосредственно в издательстве
Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.
E-mail: sborka@mashin.ru
Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Сборка в машиностроении, приборостроении", допускаются только с разрешения редакции и со ссылкой на источник информации.
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Председатель редакционного совета
Ф.М. МИТЕНКОВ, *академик РАН*

Редакционный совет

МОСКВА
А.С. ВАСИЛЬЕВ (главный редактор)
А.А. ГУСЕВ
М.В. ВАРТАНОВ
А.М. ДАЛЬСКИЙ
И.Н. ЗИНИНА
Ю.Л. ИВАНОВ
Ю.Г. КОЗЫРЕВ
А.И. КУМЕНКО
А.В. МЕДАРЬ
Е.А. МИКРИН
В.В. ПОРОШИН
Б.В. ШАНДРОВ
А.А. ШАТИЛОВ
А.Г. ХОЛОДКОВА
Г.А. ЯРКОВ

Региональные редсоветы

БЕЛГОРОД
Н.А. ПЕЛИПЕНКО
БРЯНСК
О.А. ГОРЛЕНКО
ВЛАДИВОСТОК
Ю.Н. КУЛЬЧИН
А.А. СУПОНЯ
В.М. КОРНИЕНКО
ВОЛГОГРАД
В.Г. КАРАБАНЬ
М.Г. КРИСТАЛЬ
В.И. ЛЫСАК
В.М. ТРУХАНОВ
ИЖЕВСК
И.В. АБРАМОВ
Б.А. ЯКИМОВИЧ
В.Г. ОСЕТРОВ
КАЗАНЬ
Р.И. АДГАМОВ
КОВРОВ
Ю.З. ЖИТНИКОВ
КОЛОМНА
Ю.Д. АМИРОВ
КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ
Б.Н. МАРЬИН
В.И. ШПОРТ
А.М. ШПИЛЕВ
НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ
С.В. ДМИТРИЕВ
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ
НИЖНИЙ НОВГОРОД
С.В. ГОЛУБЕВ
ОМСК
В.Н. КОСТЮКОВ
ОРЕЛ
Ю.С. СТЕПАНОВ
Г.А. ХАРЛАМОВ
ОРЕНБУРГ
А.Н. ПОЛЯКОВ
А.И. СЕРДЮК
А.П. ФОТ
РЫБИНСК
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ
В.В. НЕПОМИЛУЕВ
А.Н. СЕМЕНОВ
САМАРА
М.А. ЕВДОКИМОВ
Ю.А. ВАШУКОВ
Г.А. КУЛАКОВ
В.А. НИКОЛАЕВ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
В.Ф. КУЗЬМИН
Е.В. ШАЛОБАЕВ
ТОЛЬЯТТИ
А.И. РЫЖКОВ
Б.Ф. ХАЗОВ
ТУЛА
В.В. ПРЕЙС
ХАБАРОВСК
В.А. ЛАШКО

Украина
КИЕВ
А.С. ЗЕНКИН
В.А. МАТВИЕНКО
ДОНЕЦК
А.Н. МИХАЙЛОВ
СЕВАСТОПОЛЬ
Е.Л. ПЕРВУХИНА

Беларусь
МИНСК
В.Л. БАСИНЮК
М.Л. ХЕЙФЕЦ
ГОМЕЛЬ
В.Е. СТАРЖИНСКИЙ

Ответственные за подготовку и выпуск номера:
Ю.А. ЧИЧОВ, И.М. ГЛИКМАН

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1747 от 25 февраля 2000 г.

© Издательство “Машиностроение”, “Сборка в машиностроении, приборостроении”, 2012

THE MONTHLY NEWSMAGAZINE FOR SCIENTISTS AND MANUFACTURERS

ASSEMBLING IN MECHANICAL ENGINEERING AND INSTRUMENT-MAKING

THE MAGAZINE IS PUBLISHED UNDER THE PATRONAGE OF INTERNATIONAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERS

THE JOURNAL IS AMONG THOSE APPROVED BY AAC RF FOR DISSERTATION PUBLICATION

2 2012 (139)

CONTENTS

Economy and the organization of assembly

Alexandrov B.Yu. Managerial resource as a factor in ensuring the effectiveness of processing enterprises . . . 3

Itskovich I.I., Ponomarev V.A. The economic analysis of assembly specifications the gas turbine engines . . . 12

Production tools and machinery for assembly

Tregubov A.V., Ladygina O.M. Spools in a flexible framework, method and device for winding . . . 16

Modern technologies in assembly

Zhitnikov Yu.Z., Zhitnikov B.Yu. Classification of ways reliable orientatio knots and details at the automated assemblage . . . 19

Kristal M.G., Kharkin O.S. Device control and multiband sorting parts with a programmable control system . . . 27

Assembly welding works. Solder

Zverev S.V. The soldering of designs from high-strength steels with a cellular filler . . . 31

Feeding of assembly lines. Packaging arrangement. S. Packing

Volchkevich I.L. Meeting the demands of assembly in the processing of details of machines . . . 34

Quality assurance. Testing. Monitoring

Antonjuk V.S., Merezhany Yu.G., Ponomarenko A.I. The automated control of a microclimate of industrial rooms over assembly of precision devices . . . 38

Information

Cover electrodes conventions . . . 44

75 years A.A.Gusev . . . 46

Journal is distributed on subscription, which can be issued in any post office (index on the catalogue of the "Rospechat" agency – **79748**, the union catalogue "Pressa Rossii" – **84967**, the catalogue "Pochta Rossii" – **60257**) or directly in editorial of the journal.
Ph.: (499) 268-38-42; ph./fax: 268-85-26. Fax: (499) 269-48-97.
http://www.mashin.ru E-mail: sborka@mashin.ru
Labor Red Banner Order Public Corporation "Publishing House "Mashine Building"
107076, Moscow, Stromynsky per. 4
The reference to the Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making Journal during reprint of the materials is mandatory.
Advertisers are responsible for the content of their advertisements.

Chair of Editorial Advisory Board –
Member of Russian Academy of Science
F.M. MITENKOV

Editors

MOSCOW
A.S. VASIL'EV (Chief editor)
M.V. VARTANOV
A.M. DALSKY
A.A. GUSEV
I.N. ZININA
Yu.L. IVANOV
Yu.G. KOZYREV
A.I. KUMENKO
A.V. MEDAR'
E.A. MIKRIN
V.V. POROSHIN
B.V. SHANDROV
A.A. SHATILOV
A.G. KHOLODKOVA
G.A. YARKOV

Regional editors

BELGOROD
N.A. PELIPENKO
BRIANSK
O.A. GORLENKO
VLADIVOSTOK
Yu.N. KULSHIN
A.A. SUPONIA
V.M. KORNIENKO
VOLGOGRAD
M.G. KRISTAL
V.G. KARABAN'
V.I. LYSAK
V.M. TRUKHANOV
IZHEVSK
I.V. ABRAMOV
B.A. YAKIMOVICH
V.G. OSETROV
KAZAN
R.I. ADGAMOV
KOVROV
Yu.Z. ZHITNIKOV
KOLOMNA
Yu.D. AMIROV
KOMSOMOLSK-ON-AMUR
B.N. MARJIN
V.I. SCHPORT
A.M. SHPILEV
NABEREZHNYE CHELNY
S.V. DMITRIEV
R.M. KHISAMUTDINOV
NIZHNY NOVGOROD
S.V. GOLUBEV
OMSK
V.N. KOSTIUKOV
OREL
Yu.S. STEPANOV
G.A. KHARLAMOV
ORENBURG
A.N. POLYAKOV
A.I. SERDUK
A.P. FOT
RYBINSK
V.F. BEZIAZYSHNY
V.V. NEPOMILUEV
A.N. SEMENOV
SAMARA
M.A. EVDOKIMOV
Yu.A. VASHUKOV
G.A. KULAKOV
V.A. NIKOLAEV
ST.-PETERSBURG
V.F. KUZMIN
E.V. SHALOBAEV
TULA
V.V. PREYS
TOLIATI
B.F. KHAZOV
A.I. RYZHKOV
KHABAROVSK
V.A. LASHKO

Ukraine
KIEV
A.S. ZENKIN
V.A. MATVIENKO
DONETSK
A.N. MIKHAILOV
SEVASTOPOL
E.L. PERVUKHINA

Belarus
MINSK
V.L. BASINJUK
M.L. KHEIFETZ
GOMEL
V.E. STARZHINSKI

Executive editors of current issue:
Yu.A. CHICHOV, I.M. GLIKMAN

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele-radio Broadcasting and Mass Communications Media.
Registration certificate ПИ № 77-1747, February 25, 2000 Free price

© "Mashinostroenie Publishers", "Assembling in Mechanical Engineering and Instrument-Making", 2012

УДК 338.24:330.131.5(045)

Б.Ю. Александров, *аспирант (Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП))*
E-mail: erosserg@mail.ru

Управленческий ресурс как фактор обеспечения эффективности предприятий переработки

Рассмотрены вопросы своевременных подходов к управлению сложными производственными структурами. Обоснована модель системы управления эффективностью на основе методов и инструментов управления рисками, позволяющая реализовать задачи выбора эффективной стратегии развития компании в условиях неопределенности внешней среды.

The questions of contemporary approaches to the management of complex industrial structures. Grounded model of performance management systems are based on methods and tools for risk management, which allows to create the problem of choosing an effecrive development strategy in an uncertain environment.

Ключевые слова: управленческий ресурс, эффективность, промышленное предприятие.

Keywords: resource management, efficiency, enterprise.

Для решения определенных в исследовании задач рассмотрим основные современные подходы к управлению сложными структурами. С точки зрения управления идея, выдвинутая в 1990-е гг. о том, что ключевая компетенция организации уникальным образом определяет компанию и представляет собой источник создания стоимости [6], кажется привлекательной. Такой подход представлял главным администраторам предприятий новую важную роль и позволял снизить напор критики в их адрес за снижение эффективности управления. Однако в этих дискуссиях 1990-х гг. не учитывались многие детали, связанные с развитием предпринимательской стратегии, основанной на ключевой компетенции. Широкое применение методических подходов ключевой компетенции затруднено по причине отсутствия методических рекомендаций и излишне общей постановки задач выбора стратегии развития и, соответственно, управления. В результате эволюции вопросов выбора корпоративной стратегии обеспечение ее реализации в 1990–2000-е гг. переместилось в область, характеризуемую как *представление о компании, основанное на ресурсах, которыми она располагает*. Это понятие ресурса широко определяет активы, способные функционировать в качестве ключевой компетенции, и ставит условия, при которых эти активы становятся источниками дополнительной стоимости в бизнесе. Теория, основанная на ресурсах, подкрепляет трактовку теории управления на основе методов и инструментария управления рисками, развиваемую в данной работе.

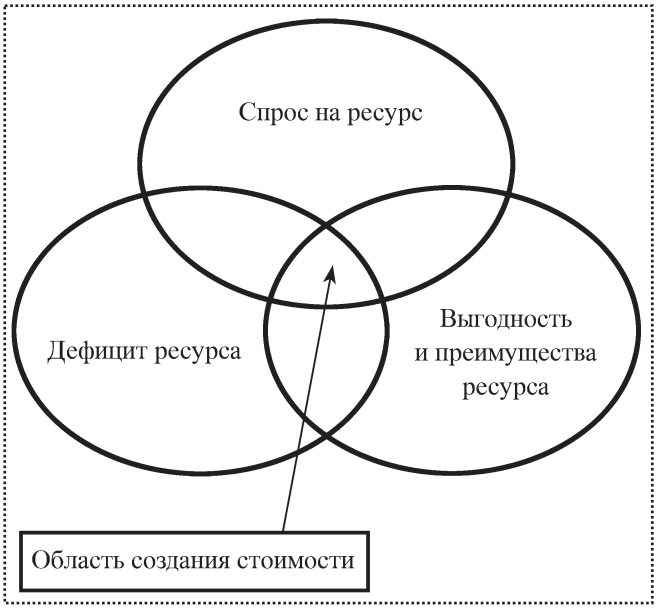
Предпосылкой ресурсного подхода служит утверждение о том, что принципиальное отличие одного предприятия от другого обусловлено обладанием уникальным набором ресурсов. Поскольку многие из этих ресурсов накоплены за протяженный срок, выбор той или иной стратегии ограничен ее сегодняшним запасом прочности и скоростью накопления ресурса. Это может быть характеризованно как инерция в деятельности компании и скорость реализации изменения ее стратегии.

Ресурсы могут иметь различные формы – от обычных исходных сырьевых, информационных и финансовых, до индивидуальных (например, фирменных знаков, формирующихся

в течение многих лет). Выделяют три группы ресурсов: материальные активы; нематериальные активы; организационные возможности. Для целей исследования важно выделение еще одного фактора классификации ресурса: постоянные и переменные. При этом как постоянные, так и переменные могут проявляться как одновременно материальные, так и нематериальные ресурсы, и ресурсы возможностей. В общем случае все ресурсы меняются во времени. Но разделение на постоянные и переменные важно для понимания методов управления этими ресурсами. Постоянные ресурсы обычно связывают с запасами, а переменные с потоками, входящими в систему и выходящими из нее. К запасам ресурса, которыми обладает компания, можно отнести и нематериальные активы, такие как "гудвилл", бренд, потенциал роста и управления и др. Вместе с тем оценка этих запасов требует разработки специальных методов и приемов.

Осознать, как ресурсы способствуют устойчивости развития и конкурентоспособности компании, на первый взгляд, просто. Гораздо сложнее оценить, являются ли собственные ресурсы достаточным источником устойчивого развития, их слабые и сильные стороны и возможности расширения ресурса. Задача менеджеров состоит в том, чтобы понять разницу между высокопродуктивными и низкопродуктивными ресурсами и разработать эффективные стратегии, которые создадут диверсификационные возможности и конкурентное преимущество.

Оценить ресурс можно только с учетом взаимодействия внешней и внутренней сред. Согласно схемы [2], основывающейся на ресурсной теории производства и представленной на рисунке, рыночная стоимость ресурса определяется в результате взаимодействия с внешней средой по параметрам: спрос, дефицит и выгодность ресурса. Стоимость создается при совпадении трех факторов. И как видно из схемы, область создания стоимости гораздо меньше, чем области спроса, дефицита и выгодности. Спрос означает удовлетворение потребностей потребителя по цене, которая его удовлетворяет. Но меняться может любая из областей создания стоимости. Во времени могут меняться потребности, степень их удовлетворения и цена ресурса. Поэтому необходимо постоянно оценивать готовность покупателей платить за предлагаемый продукт. Но анализ должен включать не только внутреннюю оценку действий, которые проводит предприятие. В анализе необходимо показать, как запас ресурса трансформируется в конкурентные преимущества.



Формирование стоимости ресурса конкурентного развития предприятия

Наличие спроса на ресурс является необходимым, но не достаточным условием признания данного ресурса ценным. Компании важно иметь ресурс, который невоспроизводим или трудно воспроизводим другими компаниями. Таким образом, ценность ресурса как источника конкурентоспособности заключается не только в его востребованности, но и в его недостаточности на рынке. В действительности ресурсы, приносящие конкурентные преимущества, не могут быть общедоступными. Также верно и обратное: общедоступный ресурс не может приносить конкурентное преимущество, его приносит только исключительный ресурс.

Стоимость ресурса может вырасти при увеличении выгодности (наличии преимуществ) ресурса, либо росте дефицита, либо росте спроса на ресурс развития предприятия. Все эти параметры характеризуют уникальность ресурса и предприятия в целом. Можно выделить, как отмечают в ранее цитированной работе Д. Коллис и С. Монтгомери, **три источника уникальности ресурса конкурентоспособности**.

Первый источник таких ресурсов – уникальные природные ресурсы, которые невозможно скопировать. Но значительная часть не может быть отнесена к этой категории, хотя ресурс технологической переработки сам по себе достаточно уникален, а для некоторых технологий просто редок.

Вторым источником уникальности является трудность копирования из-за зависимости от способа их освоения или накопления [5]. Эти ресурсы инновационного типа не могут быть приобретены или созданы мгновенно, особенно в перерабатывающей отрасли для ее обычно традиционных технологических решений. Причинная неоднозначность в сфере ресурсов связана с организационными и технологическими возможностями. Эти связи разнообразны по природе и формам проявления, являются "know how" предприятия, поскольку его ресурсные возможности встроены в сложные социальные структуры и могут зависеть от индивидуальных качеств, например, выдающихся творческих людей, или взаимодействия со стейхолдерами, т.е. заинтересованными в данном бизнесе специальными группами лиц (партнерами, поставщиками, потребителями, соисполнителями и т.д.).

Третий источник – ограничения экономического характера для конкурентов и специальные защитные меры, предпринимаемые собственником ресурса. В этой части предприятия перерабатывающего сектора, как было показано, не защищены ни сами по себе, ни со стороны Правительства России и администраций регионов. Именно в этом аспекте формирования ресурса наиболее *важен вклад управления внешними факторами риска* как дополнительного источника развития конкурентного ресурса предприятия.

Ресурсы могут расти в цене, если имеются многочисленные ограничения на пути к их воспроизведению. Так стоимость ресурсов, взятых в комплексе, может превышать стоимость суммарно взятых отдельных ее самостоятельных частей. Могут быть и другие примеры ограничений воспроизводства ресурсов.

Признаком второй и третьей групп отвечает *управленческий ресурс*, реализуемый в различных формах: организационный, финансовый, технологический, информационный, сетевой и т.д. При этом следует учитывать и расширение угроз и рисков в деятельности предприятий за счет роста поведенческих, операционных, правовых и других факторов.

Важной стороной стратегии развития является *модернизация ресурсов*, особенно в трудные времена системных испытаний, которые переживают в том числе предприятия переработки в России. Качество основных ресурсов может быть улучшено разными способами: укреплением существующих, приобретением дополнительных, разработкой новых, модернизацией и т.д. Модернизацию[1] можно провести как внутри компании, так и путем покупки или присоединения на рынке. Она может происходить как методом последовательного улучшения, так и кардинальным методом инноваций (по Шумпетеру). Объектом инновации могут быть не только материальные явления, но и принципы, формы организации, функции управляющих подразделений. При этом следует иметь в виду, что модернизацию можно провести путем перенаправления существующих ресурсов в другие сегменты или отрасли, где могут создавать стоимость, т.е. управлять ресурсами.

---

[1] Модернизация в различных работах рассматривается в терминах реструктуризация, реинжиниринг, трансформация, инновация и др. Не впадая в терминологические споры, которые, по-видимому, не очень продуктивны, подчеркнем, что в понятие модернизации вкладывают трактовку Й. Шумпетера о принципиальном обновлении факторов производства и И. Пригожина и С. Курдюмова о синергии сложной экономической системы.

Текущее функционирование и регулирование любой сферы деятельности предприятия сводится к выполнению определенных организационных процессов (бизнес-процессов), логически упорядоченных по тем или иным основаниям последовательностей действий с релевантным (относящимися к данному процессу) наборами данных. Нормативное описание всех бизнес-процессов составляет процессную модель предприятия. Если предприятие приступает к смене технологии управления при наличии такой модели, то возможно весьма точно оценить объем и содержание необходимых изменений в действующих стандартных процессах в связи с введением новой информационной системы.

В системах управления ресурсом предприятия в стандартной поставке уже заложены основные шаблоны бизнес-процессов, которые соответствуют некоторому набору объективно обусловленных функций (например, закупки, складирование, сбыт в промышленном предприятии), определяющих деятельность производственной системы. Дальнейшая настройка управления этими и стандартными бизнес-процессами (Customizing – в терминах зарубежного управления) позволяет в некоторой степени скорректировать эти бизнес-процессы с учетом особенностей предприятия – объекта внедрения управляющих технологий. Западной теорией менеджмента довольно подробно разработаны методы и принципы построения и состав систем управления ресурсом предприятия (ERP-системы)[2]. Наиболее ключевыми, относящимися к стратегическому уровню управления, являются управление ресурсом и управление рисками предприятия. Существуют определенные стандарты построения ERP-систем [1]. Программное обеспечение, претендующее на серьезную поддержку управления продвинутым предприятием с развитой технологией, обширными и разнообразными по содержанию внешними связями, сложной внутрипроизводственной логистикой, должно быть комплексным и интегрированным. Комплексность означает, что в рамках целостного программного продукта имеются структурные элементы, поддерживающие все основные функции, характерные для современного промышленного предприятия.

Необходимость интеграции управления лежит в самой природе предприятий перерабатывающего типа как целостной социально-экономической системы, а именно в теснейшей взаимосвязи, взаимовлиянии и взаимообусловленности всех бизнес-процессов, реализуемых в сложных производственных системах. Можно выделить два основных направления интеграции: функциональную и системную (техническую) интеграцию [3].

В интегрированном программном продукте все его элементы функционируют согласованно, обмениваясь данными по алгоритмам как заложенным в систему, так и управляемым пользователем. Построить действительно интегрированную систему исключительно сложно. Это требует разработки методологии и огромных затрат квалифицированного труда. Поэтому при рассмотрении системы, предполагающей проведение интеграции, полезно познакомиться с методологией и историей ее создания и развития, оценить начальный уровень заложенной в систему интеграции и ее "интеграционного" потенциала синергии. В настоящее время реально интегрированные, комплексные системы управления предприятиями, присутствующие на нашем рынке перерабатывающей продукции, имеют западное происхождение управляющих процедур. Каждая из них развивается уже в течение многих

[2] MRP-II (Manufacturing Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия, Система управления рисками (СУР – риск-менеджмент), MES (Manufacturing Execution Systems) – планирование исполнения, предназначенное для оптимизации оперативно-цехового планирования и управления, CRM (Customer Relationship Management) – управление взаимоотношениями с клиентами, APS (Advanced Planning Systems) – внутрикорпоративное планирование, предназначенное для оптимизации процессов планирования, в том числе на межпроизводственном уровне, SCM (Supply Chain Management) – управление логистическими цепями и другие автоматизированные системы управления ресурсами.

(15...20!) лет в условиях жесткой конкуренции. Отечественных управляющих систем подобного уровня комплексности и интеграции до последнего времени не было [1].

Часто в отечественной практике интегрированной называют систему, в которой с помощью технических и программных средств обеспечивается обмен данными между разнородными, как правило, частями. Чем больше мест "стыковки" разнородных элементов комплексной системы, тем выше затраты на разработку, настройку, обучение персонала, эксплуатацию, сопровождение и развитие системы, тем выше риски и ниже надежность и устойчивость ее функционирования. Этот вывод справедлив, несмотря на появление новейших технологий интеграции, таких, к примеру, как применение хранилищ данных, обеспечивающих работу с базами данных, построенными по различным стандартам и с различными системами защиты.

Решение проблемы системной интеграции при построении информационно-управляющей системы промышленного предприятия в значительной степени предлагается обеспечить выбором аппаратно-программной платформы. Этот выбор может быть обусловлен объективными или субъективными факторами, но, если это возможно, предпочтение следует отдавать платформе, в которой максимальное число системных функций изначально интегрировано, и, конечно, обеспечивается сопряжение с другими системами по стандартным интерфейсам. Но решение заключается не только в программном продукте и его использовании. Необходимо не механическое соединение, а *продуманная координация бизнес-процессов на основе стратегии развития предприятия и его управленческого ресурса*.

В общем случае при внедрении MRPII/ERP-системы предприятие любого размера и профиля переработки получает следующие основные преимущества, основанные на развитии управленческого ресурса:

• появляется возможность принимать более обоснованные и оперативные решения с учетом управления рисками предприятия;

• сокращается число ошибок персонала предприятия и ненужных операций за счет объединения корпоративной информации в едином депозитарии;

• повышается производительность труда персонала предприятия за счет координации и объединяющей стратегии;

• улучшаются качество обслуживания клиентов и взаимоотношения с поставщиками, а также возможности увеличения числа клиентов и поставщиков;

• стандартизируются и унифицируются производственные процессы (например, методы учета и контроля), а также управление процессами производства и персоналом;

• улучшаются возможности прогнозирования и планирования деятельности предприятия (в частности, закупок материалов), что повышает эффективность всего производственного процесса;

• сокращается срок выхода на рынок новых продуктов и услуг (time-to-market) за счет оптимизации бизнес-процессов и производственных операций (например, уменьшения времени обработки заказа);

• сокращаются издержки на управление, непродуктивные расходы и себестоимость продукции; при этом надо иметь в виду, что каждый модуль EPR-системы снижает стоимость соответствующего вида управленческой деятельности, но не стоимость материалов, рабочей силы, энергоносителей и комплектующих. То есть в себестоимости изделия уменьшается доля, привнесенная затратами на обеспечение процессов управления, за счет чего и уменьшается себестоимость изделия в целом;

• улучшаются возможности управления оборотными средствами за счет значительного уменьшения складских запасов, а следовательно, увеличиваются оборачиваемость товаров и доходы предприятия.

Можно выделить следующие *основные мотивы и стимулы внедрения систем управления*

эффективностью предприятия на основе методов управления ресурсами с учетом рисков:

1) главные цели внедрения системы – интеграция всех бизнес-процессов предприятия по единым правилам и обеспечение оперативного получения информации руководством обо всех сторонах деятельности предприятия, исходя из идеологии управления рисками;

2) возможность замены множества унаследованных автономных управленческих приложений (в большинстве своем устаревших), не удовлетворяющих требованиям современного бизнеса, одной системой на базе СУР и управления ресурсами;

3) повышение конкурентоспособности и эффективности деятельности предприятия за счет развития уникального ресурса, включая управление на основе методов риск-менеджмента.

Как свидетельствуют оценки аналитиков, внедрение совокупности систем управления ресурсами (MRP/MRPII/ERP-систем) приводит к следующим результатам:

• сокращению складских запасов предприятия на 8...35 %;

• росту производительности труда на 8...27 %;

• увеличению числа своевременно выполненных заказов на 7...20 % [3].

При этом нижние процентные границы интервалов улучшений характеризуют российские производственные структуры, а верхние – зарубежные компании. И все же в соответствии с данными опроса компанией Worldwide Benchmark Project ряда ведущих мировых компаний при использовании MRPII/ERP-системы правильнее говорить, скорее, о снижении расходов предприятий, нежели о получении реальной прибыли (82,5 % респондентов при внедрении ERP-системы следят за снижением расходов и только 15 % – за ростом прибыли) [1]. Отмечается, что сразу же после развертывания системы начинают проявляться ее косвенные преимущества: у руководства предприятия освобождается время на всесторонний анализ и выработку стратегических решений; налаживаются более тесные отношения с клиентами и поставщиками; сокращается нагрузка на административный аппарат и др. А все это, в конце концов, приводит к повышению эффективности работы всего предприятия.

Несмотря на очевидные преимущества, ресурсо-управляющие системы имеют и ряд существенных недостатков, потребовавших применения моделей управления предприятием решений в условиях неопределенности среды бизнеса.

1. Содержанием современных ERP-систем является идея оптимального планирования доступных ресурсов (что характеризует идеальный рынок) для изготовления конечных продуктов с учетом загрузки производственных мощностей. Данный процесс происходит на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях. Шаги в этой схеме планирования выполняются последовательно друг за другом "сверху вниз" на основе заданного времени производственных циклов (плановое время). Потребности и мощности планируются при этом отдельно друг от друга. При планировании потребности в материалах за основу берется нереализуемое в действительности (даже в японской схеме управления "точно в срок") предположение, что к любому пункту времени будут в наличии необходимые мощности. В реальности же различные заказы конкурируют за одни и те же ресурсы (оборудование и рабочие места). Тем самым образуются непредвиденные очереди ожидания и увеличивается время производственных циклов за счет неизбежного увеличения введенного планового времени.

2. Кроме того, практически отсутствует учет проблемных или "узких мест". Так как процесс планирования осуществляется в режиме пакетной обработки, он может длиться часами или даже целую смену, что ведет к различиям во вновь сгенерированных планах производства с реальностью. Следовательно, такой вид планирования не является ни средством решения плановых проблем, ни средством поддержки принятия решений и оптимизации в условиях изменений внешней среды.

3. Главной проблемой ресурсо-управляемых систем является не планирование как таковое, а необходимость постоянного "перепланирования", что никогда не может привести к приемлемым с точки зрения соответствия времени результатам. Чтобы преодолеть такую ситуацию, на практике в области оперативного управления производством применяются, как правило, эмпирические методы в дополнение со специальными программными средствами. Однако это не решает проблему, так как исходит из сиюминутных задач деятельности, которые постоянно меняются в условиях неопределенности среды бизнеса.

4. Еще одним крупным техническим недостатком являются ограниченные аналитические возможности ERP-систем и недостаточная поддержка процессов принятия решений. ERP-системы хорошо справляются с получением и хранением данных, однако когда дело доходит до анализа и обработки информации, то возможности ERP-систем оказываются весьма ограниченными. Схема данных, используемых для управления ресурсами предприятия, очень сложна. Все данные находятся внутри ERP-системы, но они остаются скрытыми и извлечь их для анализа довольно сложно. Кроме того, ERP-системы недостаточно полно интегрированы с другими приложениями и внешними источниками информации, откуда поступают данные для аналитической обработки.

Расширение функциональности ERP-систем связано с изменениями рыночной ситуации и появлением новых требований к эффективному ведению бизнеса, в частности:

• необходимости повышения эффективности использования ресурсов на основе системы управления рисками путем согласованного взаимодействия, специализации, кооперации, координации и организации "сквозных" бизнес-процессов;

• сокращение длительности цикла"потребность–производство–реализация";

• снижения времени конструкторско-технологической подготовки производства;

• повышения скорости реакции на рыночные изменения на основе стратегии нового типа (по Бесту);

• согласования интересов стейкхолдеров (по уровням запасов с процессом продаж, поставщиков ресурсов, потребителей, партнеров, других заинтересованных групп);

• соответствия процессов, продукции и услуг промышленным и управленческим стандартам, стандартам менеджмента качества, стандартам риск-менеджмента;

• ухода от затратного ценообразования и ускорения капитализации бизнеса;

• установления доверительных отношений с партнерами по бизнесу.

В настоящее время происходит расширение функциональности традиционных ERP-систем. И основным направлением является внедрение систем управления рисками в общий менеджмент предприятий.

Перенаправление ресурсов на новые рынки представляет собой переход с уровня отдельного бизнеса на уровень сетевой стратегии для реализации нереализованного или неэффективно используемого потенциала. Инновация включает не только производственный процесс, но и развитие системы целей, факторов, условий, необходимых для их реализации, т.е. развитие управленческого ресурса организации.

Цели управления предприятием реализуются через воздействие элементов ресурса на объекты. Предприятие как центр действий (процессов), ориентированных на цели, представляет собой целеориентированную структуру ресурсов и процессов. Совокупность этих элементов, как пишет в своей работе Д. Хан, – "...можно назвать организацией предприятия. Хотя процессы связаны с использованием ресурса, элементы организации можно рассматривать отдельно, с одной стороны, целеориентированную структуру ресурса (иерархию системы; организационную структуру), с другой – целеориентированную структуру действий (операционную систему; организацию процессов)" [4, с. 50]. Таким образом, Д. Хан вы-

деляет структуру ресурсов и структуру действий (процессов) предприятия, и рассматривает их взаимодействие как процесс создания новой ценности. Исходя из данной трактовки нами предлагается соединить понятие управления и понятия ресурса предприятия и расширить содержание понятия структуры ресурса организации.

В отличие от традиционной трактовки ресурса как возможности использования средств производства *только люди со своей инициативой и волей являются субъектами оригинальных действий*, особенно оригинальных процессов целеположения. Из средств производства только машины обладают непосредственной производительностью, земля и здания – лишь косвенной.

Элементы ресурса развития предприятия находятся между собой в пространственной и иерархической связях, как правило, редко изменяющихся в течение относительно длительных периодов. Между людьми складываются межличностные, социальные связи. Целеориентированная структура ресурса, включающая человеческий фактор (выбор решений и их реализация) и предназначенная для существования в течение относительно длительного периода, называется *организационной структурой предприятия* [4, с. 51].

Различие определений ресурса развития свидетельствует об отличии в исходных положениях о сложной социально-экономической системе и ее ресурсе и потенциале. Под *ресурсом развития* предлагается понимать совокупность ресурсов и факторов, организованных в синергетическую систему, способную обеспечить конкурентно устойчивое и экономически безопасное развитие социально-экономической организации путем наиболее эффективного использования внутренних и внешних ресурсов, находящихся в ее распоряжении.

Структура ресурса развития организации представляет собой композицию локальных ресурсов и включает экономический, производственно-технологический, информационный, финансовый, кадровый, управленческий, материально-технический, интеллектуальный, организационный и другие ресурсы.

Таким образом, важно использование не только внутренних, но и внешних ресурсов как важнейших в развитии организации и вносящих свой вклад во все группы и аспекты роста организации. Кроме того, необходимо подчеркнуть, что именно внешний ресурс позволяет реализовать модернизацию в синергетическом смысле и получить сложную систему нового качественного уровня, т.е. предупредить нарастание хаоса и деструкции (энтропии) и реально адаптировать систему к грядущим изменениям внешней и внутренней сред бизнеса.

Рассмотрение различных путей модернизации и расширения ресурса развития предприятий показывает, что основные схемы диверсификационной реструктуризации включают: внутреннее и сетевое развитие, альянсы (союзы), слияния и приобретения (концентрацию), совместные предприятия, заключение контрактов со сторонними партнерами (сетевые или кластерные объединения). *Ни один из перечисленных путей не гарантирует спокойного проведения диверсификации бизнеса компании как механизма адаптации предприятий к внешним воздействиям, угрозам и вызовам*. Выбор одного из путей связан с неизбежными компромиссами.

Также на целесообразность формы расширения и диверсификации бизнеса влияют масштаб деятельности и наличие ресурса обеспечения. Это касается расширения и диверсификации бизнеса, как по горизонтали, так и по вертикали. Ни рынок, ни иерархия не являются идеальной формой организации бизнеса. В большинстве случаев масштаб, т.е. когда лучше деятельность разворачивать внутри предприятия, а когда – в рыночных условиях, очевиден. Однако самые сложные решения, касающиеся способа организации, связаны с компромиссами между стимулами рынка и координацией иерархии. В некоторых случаях диапазон альтернатив шире, чем только рынок или иерархия организации. Особую роль игра-

ют развивающиеся кластерные или сетевые структуры рынка, о которых сегодня говорят и теоретические исследования, и практика наблюдений. Но общие принципы, определяющие издержки и выгоды от использования форм расширения и организации бизнеса, остаются одними и теми же. Процесс принятия решения детально разработан и описан в работе "Корпоративная стратегия. Ресурсный подход" Д. Коллиса и С. Монтгомери [2], поэтому не нуждается в дополнительном изложении. Для целей исследования важен вывод о необходимости для рассматриваемой группы предприятий переработки проведения анализа своей деятельности на предмет оценки потенциала управленческого развития, рассмотрения возможности диверсификации своей деятельности для усиления конкурентоспособности и обеспечения безопасности бизнеса, выбора возможных форм организации бизнеса, отвечающих целям развития организации. И, наконец, выбора отвечающих поставленным задачам управления методов принятия и обеспечения решения с минимальными рисками в деятельности перерабатывающих предприятий.

Вывод

Таким методом управления исходя из модели системы управления эффективностью является концепция управления на основе методов и инструментов управления рисками, позволяющая реализовать задачи выбора эффективной стратегии развития компании в условиях неопределенности внешней среды.

Библиографический список

1. **Архипов А.В., Иванов Д.А.** Интегрированные информационные системы управления предприятием // Комплекс промышленной реструктуризации. 2004. № 5.
2. **Коллинс Д., Монтгомери С.** Корпоративная стратегия. Ресурсный подход. М., 2007.
3. **Первушин В.А.** Новые управленческие технологии как способ повышения эффективности работы компании // Комплекс промышленной реструктуризации. 2003. № 3.
4. **Хан Д.** Планирование и контроль: концепция контроллинга: пер. с нем. / Пер ред. и с предисл. А.А. Турчака, Л.Г. Головача, М.Л. Лукашевича. М.: Финансы и статистика, 1997. С. 50.
5. **Dierick I., Cool K.** Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage // Management Scince. 1989.
6. **Prahalad C.K., Hamel G.** The Core Competence of the Corporation // Harvard Business Review. 1990. May-June. P. 79–91.

ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

В.В. Быков, В.П. Быков

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

2011 г. 256 с. ISBN 978-5-94275-587-4 **Цена 400 р.**

Представлен программно-методический комплекс для поддержки ранних стадий проектирования в машиностроении. Комплекс показывает возможность автоматизации ранних стадий проектирования; он построен с расчетом на создание гибкого автоматизированного конструкторского бюро (ГАКОБ), способного быстро перенастраиваться на проектирование нового для проектной организации класса технических объектов.

Для специалистов и конструкторов всех отраслей промышленности, полезна студентам и преподавателям втузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 658:621.438

И.И. Ицкович, В.А. Пономарёв, *канд-ты техн. наук*
(Рыбинская государственная авиационная технологическая академия)
E-mail: root@rgata.ru

Экономический анализ сборочных спецификаций газотурбинных двигателей

Описано применение закона Парето для анализа сборочных спецификаций газотурбинного двигателя и составления практически реализуемых планов организационно-технических мероприятий снижения себестоимости газотурбинного двигателя в процессе освоения серийного производства с целью достижения лимитного значения последней.

In the article authors describe the use of the Pareto principle in the analysis of the gas turbine engine assembly specifications and in the real planning of organizational-technical actions aimed at reducing the cost price of the gas turbine engine during organization of the serial manufacturing in order to achieve the cost price limit.

Ключевые слова: принцип парето, спецификации деталей, газотурбинный двигатель, снижение себестоимости.

Keywords: the pareto principle, specifications of details, the aero gas turbine engine, reducing the cost price.

По окончании разработки опытного образца газотурбинного двигателя необходимо провести экономический анализ спецификаций деталей и покупных комплектующих двигателя для выбора главных объектов (наиболее дорогих деталей и покупных изделий) с целью снижения их себестоимости в производстве. Плановое снижение себестоимости газотурбинных двигателей по мере освоения в производстве является одним из главных условий экономической эффективности инвестиционного проекта создания производства двигателя [2].

Принцип Парето (или метод ABC) является эффективным инструментом поиска базовых объектов для снижения себестоимости газотурбинного двигателя. Метод ABC предполагает, что все объекты двигателя можно разделить на 3 группы (рис. 1):

• класс A (базовые), включает обычно до 15 % элементов сборочной спецификации двигателя, на которые расходуется основная часть (до 65 %) ресурсов (трудовых и материальных) двигателя;

• класс B, средняя группа, в которой пропорционально размещены доля объектов (деталей) спецификации двигателя и их доля в себестоимости (20 и 20 %);

• класс C, включает основную часть объектов (65 %) спецификации двигателя, при 15 % их доле в себестоимости.

Первый серийный образец двигателя (№ 1) может иметь фактическую себестоимость в 5–6 раз выше лимитной себестоимости серийного двигателя из-за высокой цены поставок малых закупочных партий материалов и комплектующих, высокой трудоемкости в опытном производстве по причине отсутствия серийной оснастки и использования универсального оборудования, высокого технологического брака, низкого коэффициента использования материалов

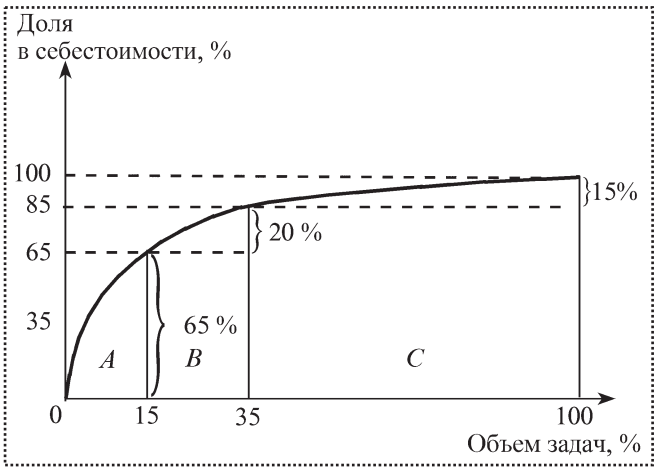


Рис. 1. Метод ABC для выделения базовых элементов спецификации деталей двигателя

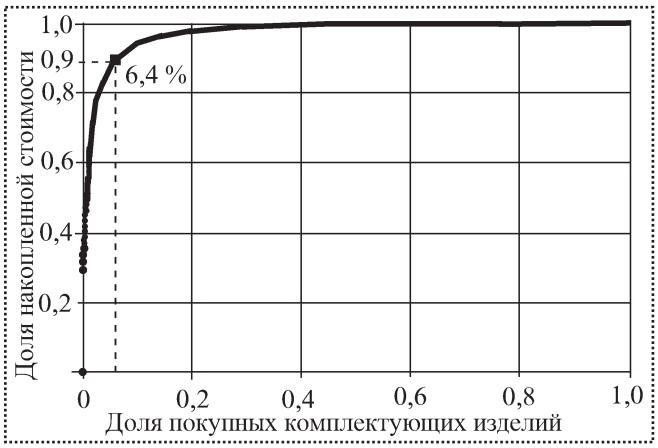


Рис. 2. Анализ по Парето спецификации покупных комплектующих изделий серийного авиационного двигателя

и по другим причинам. Под лимитной себестоимостью понимается себестоимость двигателя, согласованная с заказчиком и соответствующая контрактной (рыночной) цене на поставку партии серийных двигателей [3].

Справедливость принципа Парето иллюстрирует рис. 2, где 6,4 % пунктов спецификации покупных комплектующих для серийного ГТД соответствует 90 % стоимости всех комплектующих по данной спецификации.

Полагая, что стоимость покупных материалов и комплектующих изделий составляет не менее 50 % себестоимости двигателя, а остальные 50 % себестоимости нормируются пропорционально основной заработной плате (проценты на накладные расходы), принимаем для необходимого пятикратного сокращения себестоимости двигателя следующее плановое снижение статей затрат в производстве:

• в 2,3 раза сократить затраты на покупные материалы, заготовки и комплектующие готовые изделия;

• в 8 раз сократить трудоемкость двигателя от № 2 к № 250 (например, за две годовые программы серийного производства).

Работа по достижению лимитной себестоимости двигателя выполняется в два этапа. На *первом этапе* в два раза снижается стоимость покупных материалов и комплектующих готовых изделий (машина № 2) и себестоимость двигателя снижается на 25 %, что обеспечивается службами материально технического снабжения на основе пересмотра договоров с поставщиками для поставок в условиях серийного производства. На *втором этапе* за 1–2 года за счет организационно-технологических мероприятий в 5 раз снижается трудоемкость двигателя от № 2 к № 50 и далее еще в 1,5 раза к двигателю № 250, что дает на втором этапе снижение плановой себестоимости двигателя в 7,4 раза.

Анализ сборочных спецификаций газотурбинных двигателей показал, что решение задачи снижения себестоимости на первом этапе предполагает выполнение следующих мероприятий:

1) выполнение требований ГОСТ 315.201–2000 "Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство";

2) снижение стоимости материалов и заготовок на 30 % на основе достижения технически обоснованных норм их расхода (увеличение коэффициента использования материалов);

3) пересмотр контрактных цен с поставщиками заготовок в сторону их уменьшения не менее чем в 2 раза, в связи с увеличением количества и размера закупаемых партий из-за увеличения серийного производства;

4) снижение контрактных цен для комплектующих изделий на 20 % в связи с увеличением объема закупок.

В целом, по плану первого этапа должно произойти снижение материальных затрат по двигателю на 50 %.

На втором этапе снижение трудоемкости производства двигателя от № 2 к № 250 в 8 раз потребует предварительной разработки за 3–5 месяцев комплекса организационно-технических мероприятий (ОТМ) со сроком реализации 1,5–2 года. Последовательность разработки плана-графика ОТМ по снижению себестоимости серийного газотурбинного двигателя и доведению ее до лимитной (от № 2 к № 250) показана в табл. 1. В табл. 1 приняты следующие условные обозначения: ОКБ – опытно-конструкторское бюро; КД – коммерческий директор; УГТ – управление главного технолога; ГИ – служба главного инженера; ДМТС – дирекция материально-технического снабже-

Таблица 1

План-график разработки ОТМ второго этапа по доведению себестоимости серийного газотурбинного двигателя до лимитной

№ п/п	Мероприятие	Исполнители
1	Передача в производство конструкторской документации (литера O_1)	ОКБ
2	Прогноз производственной программы на 2 года (шт./год)	КД
3	Предварительная технологическая подготовка серийного производства: разработка маршрутных технологий деталей в серийном производстве анализ производственных мощностей цехов по базовым группам оборудования разработка плана-графика ввода дополнительных производственных мощностей по цехам и единицам оборудования	 УГТ УГТ ГИ
4	Разработка серийных технологий изготовления деталей, повышение технологичности двигателя	УГТ ОКБ
5	Разработка предварительных плановых калькуляций цеховой себестоимости деталей двигателя	Цеха
6	Оптимизация себестоимости двигателя (от № 2 к № 250) в серийном производстве: серийные цены на материалы и комплектующие изделия план снижения трудоемкости план снижения цеховых накладных расходов	 ДМТС ОТиЗ Цеха
7	Планирование и координация работ по снижению себестоимости продукции	ДЭФ

ния; ОТиЗ – отдел труда и заработной платы; ДЭФ – дирекция по экономике и финансам.

Себестоимость двигателя в процессе перехода от двигателя № 2 к двигателю № 250 снижается в 5 раз, при этом планируется следующее изменение структуры себестоимости двигателя (табл. 2).

В таблице 2 показано, что доля материальных затрат в структуре себестоимости возрастает в 2 раза, что доказывает необходимость дальнейшего расширения сотрудничества с поставщиками в серийном производстве двигателя, а доля накладных расходов сокращается, что потребует дополнительной экономии издержек в цехах и заводских расходах. Таким образом, переход к серийному производству двигателя требует изменения концепции распределения затрат в его производстве.

Таблица 2

Изменение структуры себестоимости двигателя при освоении в серийном производстве (с двигателя № 2 по № 250), %

№ п/п	Статьи калькуляции	№ 2	№ 250
1	Материальные затраты, всего	31,6	69
	В том числе:		
	заготовки	19,5	31,6
	материалы	5,7	9,2
	комплектующие	6,4	28,0
2	Основная заработная плата	8	5,4
3	Накладные расходы	60,4	25,8
4	Итого себестоимость, %	100	100

Планирование снижения трудоемкости двигателя по мере освоения его в серийном производстве приведено на рис. 3 [3]. Здесь показано, что в диапазоне двигателей от № 1 к № 25 происходит переход производства на серийные технологические процессы, позволяющие в 3,25 раза сократить трудоемкость изготовления двигателя. Удлинение этого периода (по номерам двигателя) будет связано с продолжением убыточности продаж двигателя по рыночным ценам, потому уже к № 50 необходимо перейти к товарному облику двигателя, включающему и двукратное снижение материальных затрат, и 5-кратное снижение трудоемкости изготовления от уровня опытного образца. Такому снижению материальных затрат и трудоемкости соответствует снижение себестоимости в 3,5 раза.

Для разработки заданий плана ОТМ по снижению трудоемкости производства необходимо выбрать базовые цехи, возложив на них основную задачу снижения трудоемкости. На основе принципа Парето были отобраны 40 % цехов технологического маршрута (базовых цехов), обеспечивающих 80 % суммарной трудоемкости производства двигателя.

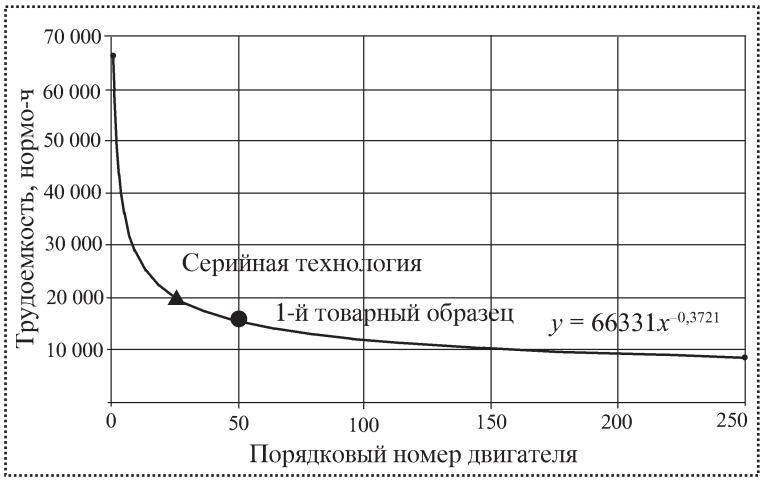


Рис. 3. Планируемое снижение трудоемкости газотурбинного двигателя в серийном производстве

Распределение долей суммарной трудоемкости производства двигателя для цехов оказалось следующим:

• наиболее нагруженный базовый цех обеспечивает 15 % трудоемкости двигателя;

• наименее нагруженный базовый цех обеспечивает 3,5 % суммарной трудоемкости двигателя.

Следует обратить внимание, что в процессе серийного освоения в каждом базовом цехе необходимо обеспечить 5-кратное снижение трудоемкости от двигателя № 2 к № 50.

Значительным резервом снижения себестоимости двигателя является увеличение коэффициента использования материалов до планового уровня. Принимая средневзвешенный целевой КИМ равным 0,3 для двигателя № 50, рассчитываем следующие прогрессивные серийные нормы КИМ деталей (значительно превосходящие существующие в опытном производстве): корпус подшипника – 0,74; лопатка рабочая компрессора – 0,4; диск компрессора – 0,4; вал – 0,45; диск турбины – 0,3; корпус турбины – 0,25. Для различных сортаментов материалов заготовок серийный КИМ должен составить: круг – 0,23; лист – 0,5; по выплавляемым моделям –0,4. При этом средневзвешенный КИМ опытного двигателя составлял 0,2, т.е. с переходом к серийному двигателю отходы материалов сокращаются в среднем в 1,5 раза, а для отдельных видов деталей КИМ возрастает в 3–4 раза.

Анализ сборочной спецификации двигателя показал, что всего 75 наименований деталей (из спецификации в несколько тысяч элементов) образуют 56 % трудоемкости двигателя (остальные 44 % трудоемкости – на обработку в сборе, сборку и мелкие детали).

В целом, по спецификациям деталей был проведен анализ себестоимости производства двигателя, обоснованы планы снижения себестоимости двигателей от № 2 до № 250, в том числе:

1) получены с помощью принципа Парето выборки базовых элементов из спецификаций двигателя, в результате которых показаны всего 85 базовых заготовок, а также 30 покупных комплектующих, обеспечивающие в сумме потребление более 80 % стоимости основных материалов (причем всего 5 % наименований содержат 50 % стоимости заготовок и материалов);

2) построена убывающая последовательность трудоемкости производства двигателя по 24 цехам, причем 82 % трудоемкости двигателя относятся к 8 базовым цехам;

3) обоснованы для базовых деталей прогрессивные нормы повышения КИМ при начальном КИМ комплекта (двигатель № 1) на опытное изделие, равным 0,13, и плановом серийном КИМ, равным 0,30 (двигатель № 250).

Из результатов работы следует, что применение принципа Парето обеспечивает эффективный экономический анализ сборочных спецификаций, поскольку позволяет многократно сократить число объектов для планирования снижения себестоимости при постановке на серийное производство газотурбинного двигателя.

Библиографический список

1. **Акимов В.М., Старик Д.Э., Морозов А.А.** Экономическая эффективность повышения ресурса и надежности газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1972. 172 с.

2. **Ждановский А.В., Иджиян Г.Г., Булыгина М.М. и др.** Прогнозирование затрат на разработку, производство и эксплуатацию авиационных ГТД // Научный вклад в создание авиационных двигателей / Под общ. ред. В.А. Скибина и В.И. Солонина. Кн. 1. М.: Машиностроение, 2000. С. 642–649.

3. **Ицкович И.И., Ласточкин Ю.В., Пономарёв В.А.** Модели конкурентоспособности машиностроительного предприятия: монография. М.: Изд-во Рос. экон. акад., 2004. 192 с.

УДК 621.318.44(088.8)

А.В. Трегубов, *канд. техн. наук,* **О.М. Ладыгина,** *инженер (Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, г. Волжский)*
E-mail: vto@volpi.ru

Шпули на гибких основах, способ и устройства для их наматывания

Рассмотрены конструкции шпуль на гибких основах. Такие шпули не требуют точной работы операторов и исключают разматывание запаса провода. Предложен способ наматывания провода на шпули и устройства для его осуществления, работающие в промышленности.

Considered designs sheaves on a flexible basis. These cops do not require precise work of the operators and eliminate the unwinding stock wires. A method for winding bobbins and devices for implemented working in the industry.

Ключевые слова: шпули, гибкая основа, наматывание, провод.

Keywords: spool, a flexible framework, winding, wire.

Для наматывания кольцевых обмоток используют шпульные станки моделей СНТ-1, СНТ-1,5, СНТ-3У и их модификации [3]. Шпули запаса провода для таких станков выполняют в виде полых спиралей обмоточных проводов, намотанных с плотным шагом. Для получения запаса провода большей длины наматывают многослойные спирали или несколько проводов одновременно. Устройство для изготовления полых спиралей к станку СНТ-3У содержит шпиндельную бабку, механизм подачи оправки, намоточную головку с проводоукладчиком. Наматывание спирали производится на разъемную по длине стальную оправку прямолинейной формы, состоящую из двух частей с полукруглыми сечениями половин, длиной около 600 мм и минимальным диаметром около 2 мм. Скорость намотки – до 2000 мин$^{-1}$. После намотки провода на оправку готовую спираль снимают и заправляют в челнок станка кольцевого наматывания.

Станок кольцевого наматывания СНТ-1 снабжен встроенным приспособлением для навивки спиральных однорядных шпуль запаса провода на стальные стержневые каркасы (струны) со скоростью до 2000 мин$^{-1}$. Особенностью приспособления является применение принципа самоподачи в процессе образования витка обмотки, но механизм челнока начинает самораскладку только после того, как на стержневой каркас будет намотано несколько витков обмоточного провода. Для образования этих начальных витков челнок имеет механизм подачи, кинематически связанный со шпинделем.

Съем спирали с оправки и установка спиральных шпуль запаса провода в трубчатый челнок намоточного станка требует от оператора высокой точности работы, особенно для многозаходных, навитых в несколько проводов шпуль. Многозаходные полые шпули требуют бережного обращения при их снятии с оправки и переносе в челнок и не подлежат промежуточному хранению ввиду расслаивания витков соседних спиралей.

Высокая трудоемкость заправки намоточных станков спиралью запаса провода, особенно навитой из нескольких проводов, определила необходимость создания шпули, свободной от указанных недостатков.

Предложена конструкция шпули с постоянной гибкой основой, выполненной в виде отрезка капроновой мононити круглого сечения. Спиральный запас провода при его заправке в челнок намоточного станка не снимают с капроновой основы. Она легко устанавливается в челнок, может быть намотана на отдельном рабочем месте, сохраняется после намотки произвольное время [1].

Для изготовления таких шпуль разработан способ, не требующий применения челночных устройств, механизмов раскладки, кинемати-

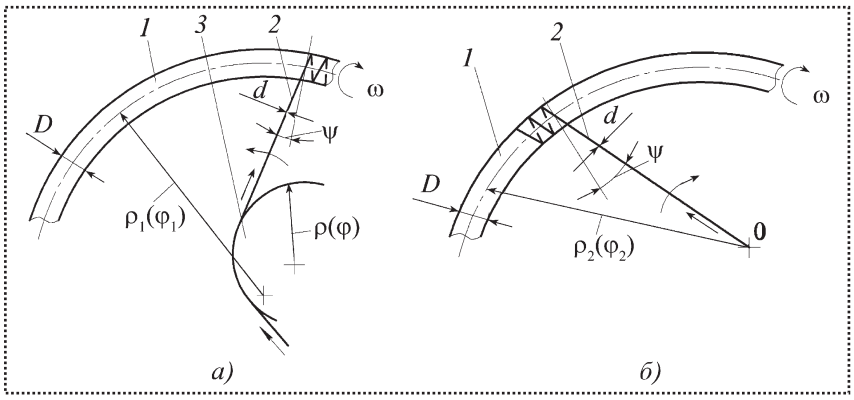


Рис. 1. Принципиальная схема наматывания провода на изогнутую основу с цилиндрической поверхности (*а*) и из неподвижной точки (*б*):
1 – гибкая основа диаметром *D*; *2* – обмоточный провод диаметром *d*; *3* – направляющая цилиндрическая поверхность

При определении зависимостей между параметрами схем наматывания и шагом получаемой обмотки на изогнутой основе и получения необходимых спиралей запаса проводов были приняты следующие допущения:

- у провода отсутствует жесткость;
- свободный участок провода расположен касательно к поверхности основы;
- изгиб основы происходит в одной плоскости, а свободный участок провода параллелен этой плоскости;
- натяжение провода при наматывании постоянное.

чески связанных со шпинделем, создания натяжения основы при наматывании.

Суть данного способа заключается в том, что гибкую основу шпули изгибают и вращают вокруг ее изогнутой оси, при этом обмоточный провод направляют на основу из неподвижной точки или по касательной к цилиндрической поверхности. Это позволяет получить обмотку как с постоянным, так и с переменным шагом, изменяющимся по необходимому закону [2].

Принципиальные схемы наматывания приведены на рис. 1. Направления вращения основы, движения и поворота свободного участка провода обозначены стрелками. Форма изгиба основы определена уравнениями $\rho_1(\varphi_1)$, $\rho_2(\varphi_2)$ ее средней линии; форма направляющей цилиндрической поверхности в плоскости движения провода имеет уравнение $\rho(\varphi)$.

Провод *2* с тарной катушки (на рисунке не показана), закрепляется на изогнутой основе *1*, при этом он охватывает направляющую поверхность *3* (рис. 1, *а*). При вращении основы с угловой скоростью ω провод наматывается на основу с некоторым шагом, зависящим от величины угла ψ между направлением свободного участка провода и нормалью к средней линии основы. Наматывание по рис. 1, *б* отличается тем, что провод направляется на изогнутую основу из неподвижной точки *O*.

Для соответствующих схем наматывания получены значения шага *h* спирали провода:

переменный шаг *h* вдоль $\rho_1(\varphi_1)$ (см. рис. 1, *а*):

$$h = \pi(D+d)\times$$
$$\times\left\{\frac{d\rho_1(\varphi_1)}{\rho_1(\varphi_1)d\varphi_1}+\frac{[\rho(\varphi)+0{,}5d]\sin(\varphi_1-\varphi)}{\rho_1(\varphi_1)-[\rho(\varphi)+0{,}5d]\cos(\varphi_1-\varphi)}\right\};$$

переменный шаг *h* вдоль $\rho_2(\varphi_2)$ (см. рис. 1, *б*):

$$h = \pi(D+d)\frac{d\rho_2(\varphi_2)}{\rho_2(\varphi_2)d\varphi_2}.$$

При наматывании провода самораскладкой (рис. 2) он наматывается на изогнутую по радиусу *R* основу из неподвижной центральной точки с постоянным минимальным шагом $h = d$. Для обеспечения постоянного шага $h > d$

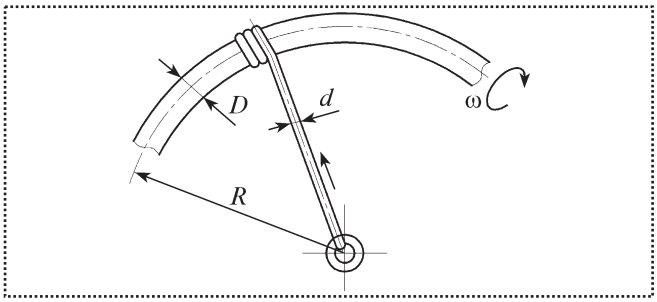


Рис. 2. Схема наматывания провода на изогнутую основу из неподвижной центральной точки

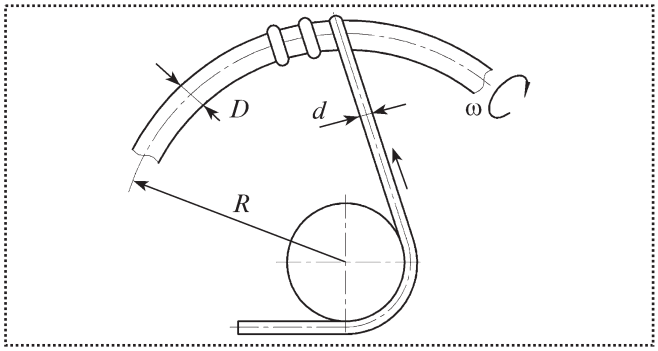


Рис. 3. Схема наматывания провода на изогнутую основу с прямого кругового цилиндра

Рис. 4. Установка наматывания провода на гибкую шпулю

(рис. 3), например при $h = nd$, можно вести намотку спирали в n проводов одновременно.

Предложенный подход позволил отказаться от сложного намоточного оборудования, заменив его простейшими устройствами [2].

На рис. 4 показана установка, реализующая предложенный способ наматывания провода на гибкую шпулю. Скорость вращения гибкой основы – от 9000 до 11 000 мин$^{-1}$. Длина шпули не ограничена. Установка внедрена на ряде предприятий России.

Библиографический список

1. **А.с. 1086471**, МКИ НО1 F 41/08. Устройство для намотки провода на кольцевой сердечник / А.В. Трегубов, В.Г. Симоненко. БИ. 1984, № 14.

2. **А.с. 1256103**, МКИ НО1 F 41/08. Способ намотки длинномерного материала на гибкую основу и устройство для его осуществления / А.В. Трегубов, В.Г. Симоненко. БИ. 1986, № 33.

3. **Трегубов А.В., Ладыгина О.М.** Кольцевое наматывание тонкими проводами обмоток малогабаритных кольцевых магнитопроводов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 7. С. 8–12.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ: *учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение"*

Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков

2008. – 495 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03409-3

Цена 660 р. с НДС

Учебник написан коллективом преподавателей кафедры "Поршневые двигатели" МГТУ им. Н.Э. Баумана – ведущей кафедры страны, отметившей в 2007 г. 100-летие с начала подготовки специалистов по двигателям внутреннего сгорания.

Изложены основы конструирования и современные методы прочностного анализа поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания, дан анализ конструкций современных отечественных и зарубежных двигателей, рассмотрены перспективы их развития. Наряду с традиционными методами расчетов на прочность базовых двигателей представлены современные численные методы анализа теплового и напряженно-деформированного состояния элементов двигателей с применением современных информационных технологий.

Для лучшего усвоения материала учебник прекрасно иллюстрирован, в том числе цветными рисунками.

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

УДК 621.757; 621.88.08

Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, *д-р техн. наук*
(Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева)
E-mail: kgta_tms@mail.ru

Классификация способов надежной доориентации узлов и деталей при автоматизированной сборке

Приведена классификация способов надежной доориентации узлов и деталей, а также необходимые и достаточные условия при автоматизированной сборке.

Classification of ways reliable orientation knots and details, and necessary and sufficient conditions is resulted at the automated assemblage.

Ключевые слова: способ доориентации, сборочный автомат, исполнительный орган, сопрягаемая деталь, необходимые и достаточные условия.

Keywords: ways orientation, the assembly automatic machine, an executive office, the interfaced detail, necessary and sufficient conditions.

Для автоматизированной сборки разработаны и используются в производстве ряд способов взаимной доориентации собираемых узлов и соединяемых деталей. Их классификация представлена на рис. 1. По мере появления дополнительных способов доориентации данная классификация может быть дополнена.

Рассмотрим каждый из способов с указанием необходимых и достаточных условий надежной доориентации соединяемых деталей.

Взаимная доориентация соединяемых узлов и деталей на основе способа пассивной адаптации

Данный способ применяют к резьбовым соединениям и цилиндрическим соединениям с гарантированным зазором [4].

Из резьбовых соединений наиболее сложно обеспечить доориентацию при сборке жестко удерживаемых в патронах шпилек.

Рис. 1. Классификация способов взаимной доориентации соединяемых узлов и деталей при автоматизированной сборке

Принцип пассивной адаптации цилиндрических деталей и шпилек с отверстиями на узлах гарантированно обеспечивается при одновременном обязательном выполнении трех требований:

– силового взаимодействия узла и соединяемой детали;

– наличия податливости крепления либо узла, либо устройства, удерживающего соединяемую деталь;

– вращения соединяемой детали в процессе доориентации.

Указанные требования выполняются в конструкциях исполнительных органов автоматов одновременного завинчивания нескольких шпилек [2], внедренных в производство.

Конструктивно исполнительный орган выполнен согласно рис. 2. Данные автоматы надежно дооринтируют шпильки при автоматизированном наживлении при относительном смещении осей резьбовой детали и отверстия до 4 мм.

Для надежной автоматизированной дооринтации соединяемых деталей необходимо выполнять ряд дополнительных требований.

1. В процессе дооринтации необходимо к узлу подводить исполнительный орган сборочного оборудования с вращающейся соединяемой деталью. В результате совокупности поступательного и вращательного движений с учетом податливости элементов устройства конец соединяемой детали перекатывается по плоскости узла по траектории, близкой к спирали Архимеда. Практически происходит сканирование концом соединяемой детали плоскости узла, на которой имеется отверстие.

Это необходимое, но недостаточное условие попадания конца соединяемой детали в зону отверстия.

При большой скорости опускания исполнительного органа сборочного оборудования шаг спирали Архимеда может быть больше, чем диаметр отверстия и деталь может не попасть в зону отверстия. Следовательно, необходимо обеспечить взаимосвязь шага спирали

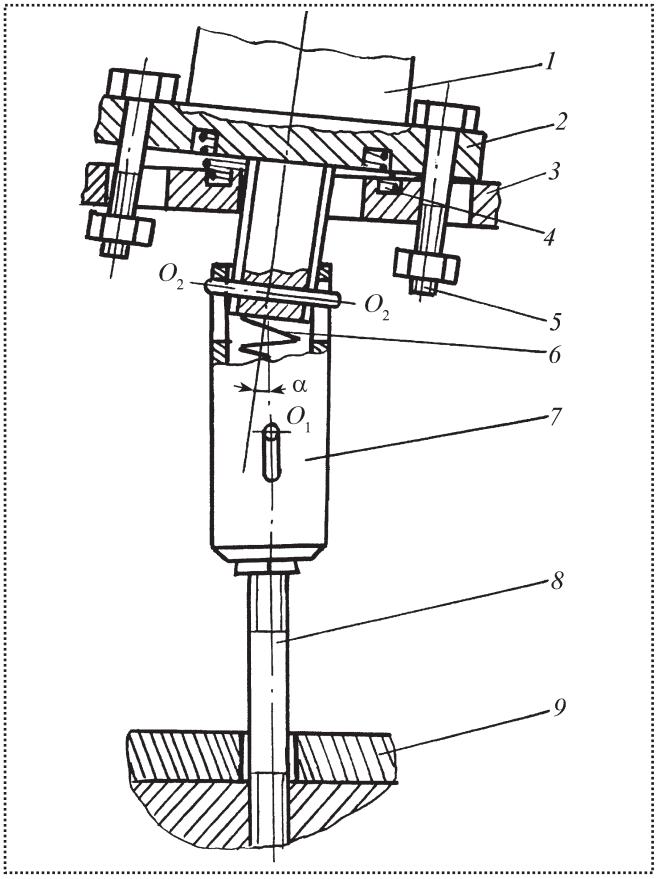


Рис. 2. Конструкция исполнительного органа сборочного оборудования:
1 – устройство вращения соединяемой детали; *2* – фланец устройства вращения; *3* – плита исполнительного органа сборочного оборудования; *4* – пружина податливого крепления; *5* – болтовое соединение; *6* – пружина патрона; *7* – патрон для удержания соединяемой детали; *8* – соединяемая деталь; *9* – собираемый узел

со скоростью опускания плиты. Эта взаимосвязь следует из выражения:

$$v < \frac{1}{3}\frac{D\omega}{\pi \mathrm{ctg}\theta_{\Sigma}},$$

где v – скорость опускания плиты (скорость подвода соединяемой детали);

D – диаметр цилиндрического или резьбового отверстия;

ω – угловая скорость вращения шпинделя (соединяемой детали);

θ_{Σ} – суммарный угол перекоса осей шпинделя и отверстия в сборочном оборудовании.

После попадания конца соединяемой детали в зону отверстия она может выкатиться из нее.

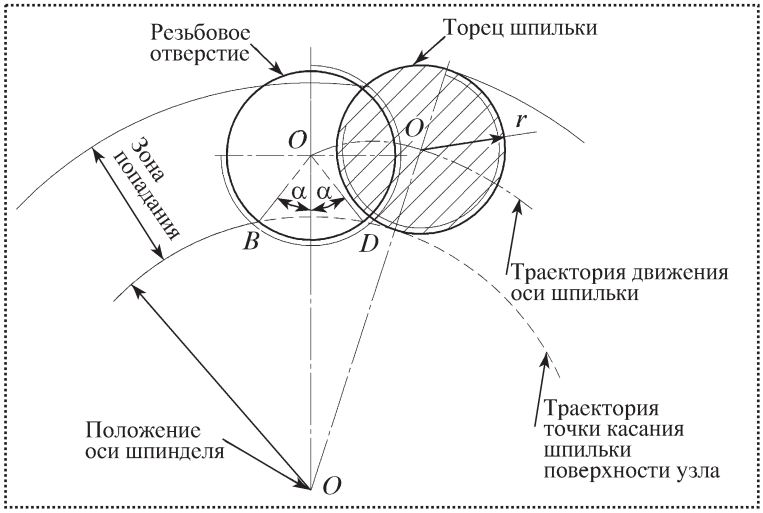


Рис. 3. Зона попадания конца резьбовой детали в зону отверстия на поверхности узла

Запишем условие попадания и невыхода конца соединяемой детали из зоны отверстия (рис. 3):

$$\frac{\pi}{4} \le \alpha \le \alpha \frac{3}{4}\pi,$$

где 2α – центральный угол между мгновенным центром скоростей D (точкой "вкатывания" торца детали в отверстие) и точкой соударения торца о противоположную сторону фаски B.

Иными словами, если траектория перекатывания торца детали пройдет в зоне, ограниченной тремя четвертыми диаметра отверстия, то он попадет в зону отверстия и не выкатится из нее.

При большой угловой скорости вращения резьбовой детали и соударении ее о фаску, в зависимости от соотношения значений жесткостей пружин патрона *6* и податливого крепления *3* (рис. 2), может произойти следующее. После удара:

– соединяемая деталь вместе с патроном переместится вдоль оси шпинделя и позволит торцу выйти из зоны отверстия;

– соединяемая деталь вместе с патроном развернется вокруг оси O_2O_2 и позволит торцу выйти из зоны отверстия;

– корпус устройства развернется вокруг податливого крепления (пружина *4* вместе с болтами *5*) и позволит торцу выйти из зоны отверстия.

Наиболее опасен третий случай, при котором угловая скорость вращения шпинделя находится из выражения

$$\omega < \frac{\dfrac{b_1 k}{\cos\theta} + \theta b k}{h\sqrt{2}(l_1 + l_2)\sin^2\theta \sin\beta},$$

где b_1 – высота фаски отверстия;

k – угловая жесткость пружины податливого крепления;

θ – предельно допустимый угол наклона резьбовой детали к вертикальной оси;

b – расстояние от плиты *3* (см. рис. 2) исполнительного органа сборочного оборудования до центра масс устройства вращения *1*;

h – коэффициент восстановления при ударе;

l_1 – длина соединяемой детали *8*;

l_2 – длина патрона *7*.

Предельная угловая скорость ω вращения шпинделя при автоматизированной сборке определяется из условия надежного наживления резьбовых деталей, которая согласно работе [4] находится из выражения:

$$\omega_н < 1{,}25\sqrt{\frac{[\tau_{ср}]\,2S_{ср}h_{ср}\cos(\gamma-\psi)}{I_3'\sin^2(\gamma-\psi)\cos\alpha/2}},$$

где $[\tau_{ср}]$ – допустимое напряжение материала резьбы отверстия на срез;

$S_{ср}$ – площадь среза заходной кромки резьбы отверстия ($S_{ср} = 0{,}278P^2$);

$h_{ср}$ – высота среза заходной кромки резьбы отверстия ($h_{ср} = 0{,}375P$);

γ – предельный угол перекоса осей резьбовой детали и отверстия ($\mathrm{tg}\,\gamma = \dfrac{0{,}5P}{D}$);

P – шаг резьбы;

D – внутренний диаметр резьбы;

ψ – угол наклона винтовой линии резьбы ($\mathrm{tg}\psi = P/\pi D_2$);

D_2 – средний диаметр резьбы;

I'_3 – приведенный момент инерции вращающихся частей устройства вращения, патрона и соединяемой детали к оси шпинделя;

α – угол треугольного профиля резьбы.

Гарантированное условие невыхода торца резьбовой детали после удара из зоны отверстия:

$$\omega < \omega_i .$$

2. Для гарантированного углового совмещения осей соединяемых деталей необходимо, чтобы зазор между телом болтов *5* (см. рис. 2) и плитой *3* при наклоне шпинделя позволил бы торцу резьбовой детали попасть в зону отверстия.

Взаимная доориентация соединяемых узлов и деталей на основе их силового взаимодействия и наличия упругой податливости деталей

Доориентация кольцевых упругих уплотнений. При установке кольцевых упругих уплотнений в канавки наружных цилиндрических поверхностей для исключения их перекручивания вокруг осей сечений не следует применять конические оправки для растяжения уплотнений, так как это приводит к разрыву уплотнений при эксплуатации за короткий промежуток времени.

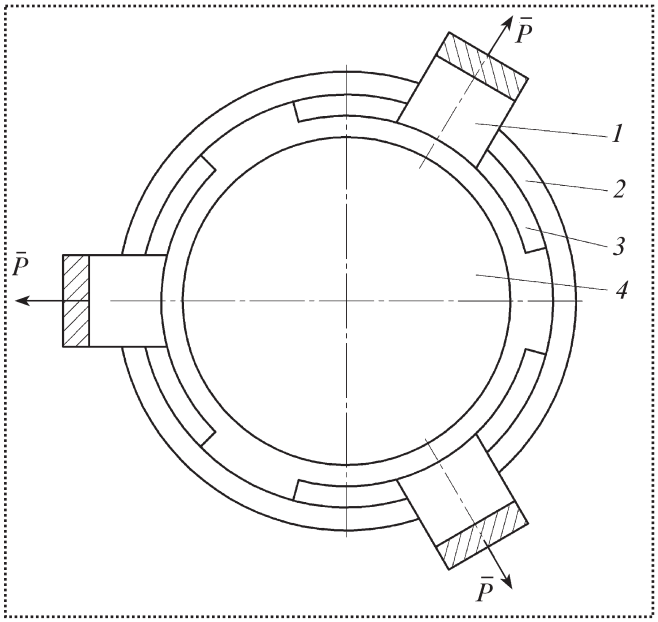


Рис. 4. Схема деформации уплотнения при установке в канавку наружной поверхности цилиндрической детали:
1 – рычаг приспособления; *2* – кольцевое уплотнение; *3* – раздвижные губки; *4* – цилиндрическая деталь, на которой имеется канавка под уплотнение

Схематично деформация уплотнения при установке в канавку наружной поверхности цилиндрической детали показана на рис. 4.

Для обеспечения надежной автоматизированной установки уплотнения необходимо, чтобы величина возрастания радиуса растянутого уплотнения ΔR была бы больше, чем сумма значений глубины канавки под уплотнения h на наружной поверхности детали и величины смещения детали на подающем устройстве относительно оси приспособления для растяжения $\Delta\delta$:

$$\Delta R > h + \Delta\delta. \qquad (1)$$

Это необходимое, но недостаточное условие надежной сборки. Важно, чтобы увеличение радиуса уплотнения при максимальном растяжении не превышало допустимой деформации кольцевого уплотнения, при котором может произойти его разрыв.

При автоматизированной установке кольцевых упругих уплотнений в канавки внутренних поверхностей втулок необходимо их деформировать согласно рис. 5, т.е. уменьшать

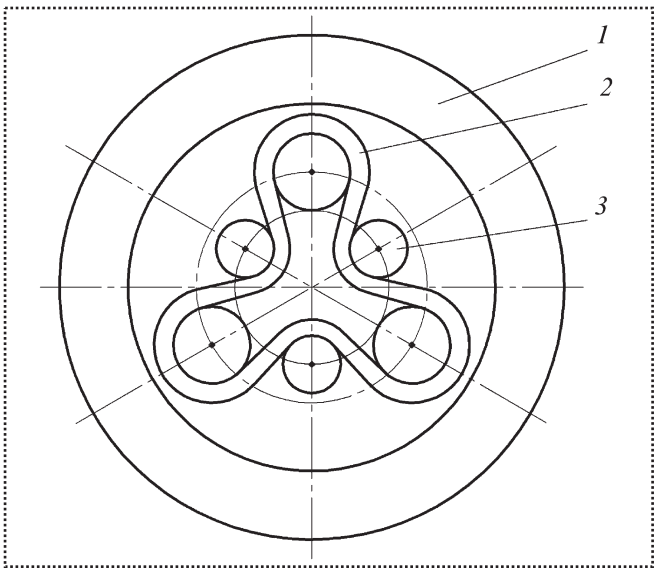


Рис. 5. Схема деформации уплотнения при установке в канавки внутренней поверхности цилиндрической втулки:
1 – цилиндрическая втулка; *2* – кольцевое уплотнение; *3* – штыри приспособления для деформирования уплотнения

радиус деформированного уплотнения на величину ΔR, согласно выражению (1).

Доориентация упругих уплотнительных втулок. Автомат для установки упругих уплотнений в ступенчатые отверстия [1] нашел применение в промышленности.

Конструктивное исполнение доориентирующего элемента исполнительного органа сборочного автомата показано на рис. 6.

При перемещении *S* пуансона *1* упругая уплотнительная втулка *3* продавливается через коническую направляющую втулку *4*. Уплотнение сжимается, доориентируясь относительно отверстия на собираемом узле *5*.

Необходимое условие надежной доориентации будет иметь вид:

$$\Delta\delta < \frac{d - d_к}{2},$$

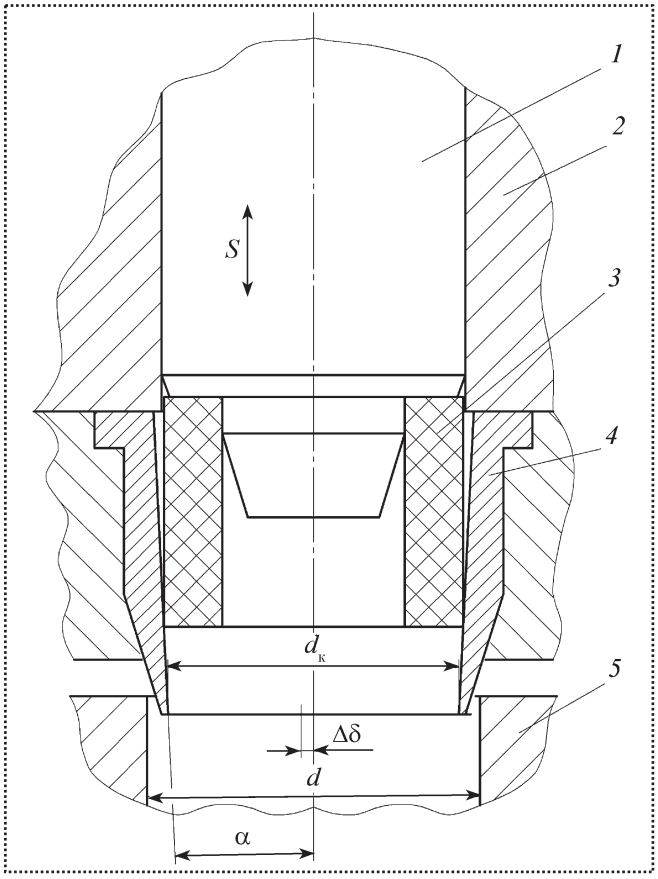


Рис. 6. Конструкция исполнительного органа сборочного оборудования:
1 – пуансон; *2* – направляющая втулка; *3* – упругая уплотнительная втулка; *4* – направляющая коническая втулка; *5* – собираемый узел

где $\Delta\delta$ – величина относительного смещения осей направляющей втулки *2* и отверстия на узле *5*;

d – диаметр отверстия на узле;

$d_к$ – минимальный диаметр направляющей конической втулки.

Это необходимое, но недостаточное условие надежной сборки.

Величина деформации упругого уплотнения не должна превосходить допустимого сжатия, при котором может произойти его разрушение.

Взаимная доориентация соединяемых узлов и деталей на основе их силового взаимодействия и наличия податливости элементов сборочного оборудования

Доориентация узлов и деталей, сопрягаемых по цилиндрическим поверхностям с гарантированным натягом. Сборочный автомат для запрессовки цилиндрических деталей в корпусную деталь с элементом доориентации [3] внедрен в производство.

Конструктивное исполнение элемента доориентации соединяемой детали представлено на рис. 7. При взаимодействии пуансона *1* на

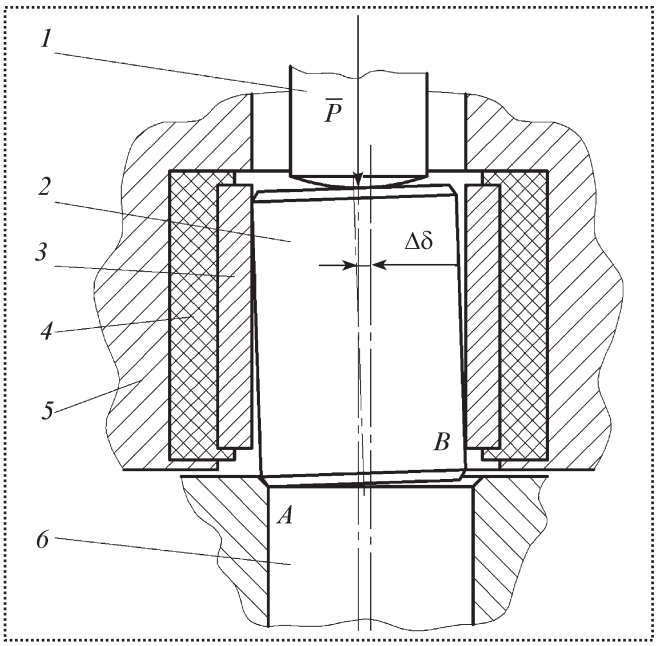


Рис. 7. Конструктивное исполнение элемента доориентации узлов и деталей при их запрессовке:
1 – пуансон; *2* – цилиндрическая деталь; *3* – стальная втулка; *4* – резиновая втулка; *5* – корпус исполнительного органа сборочного оборудования; *6* – собираемый узел

цилиндрическую деталь *2* последняя может за счет относительного смещения своей оси и отверстия на узле *6* упереться в фаску в точке *A*. Под действием силы *P* цилиндрическая деталь будет скользить по фаске, разворачиваясь и воздействуя на стальную втулку *3* в точке *B*, которая, сжимая резиновую втулку *4*, обеспечивает доориентацию соединяемых узла и детали.

Необходимое условие надежной доориентации соединяемых узла и детали обеспечивается при условии, что их относительное смещение осей $\Delta\delta$ будет меньше величины фаски отверстия *h*:

$$h > \Delta\delta.$$

При этом допускается максимальный зазор между запрессовываемой цилиндрической деталью *2* и стальной втулкой *3* не более 0,04 мм.

Доориентация плоских уплотнений при установке на гладкую поверхность узла. Сборочный автомат установки с доориентацией плоских уплотнений на гладкую верхнюю плоскость собираемого узла [5] (рис. 8) внедрен в производство.

Автоматизированный комплекс, в состав которого входит автомат установки плоских уплотнений работает следующим образом. Подающее устройство *14* в спутнике (условно не показан) подает собираемый узел *13*, на верхнюю гладкую поверхность которого необходимо ориентированно, относительно резьбовых отверстий, установить плоское уплотнение. Верхняя плоскость узла накрывается плитой *15* спутника, в которой имеется полость *A* под размер уплотнения и отверстия *B*, точно ориентированные относительно резьбовых отверстий собираемого узла.

Питатель *2* с плоскими уплотнениями *9* шарниром *7* за-

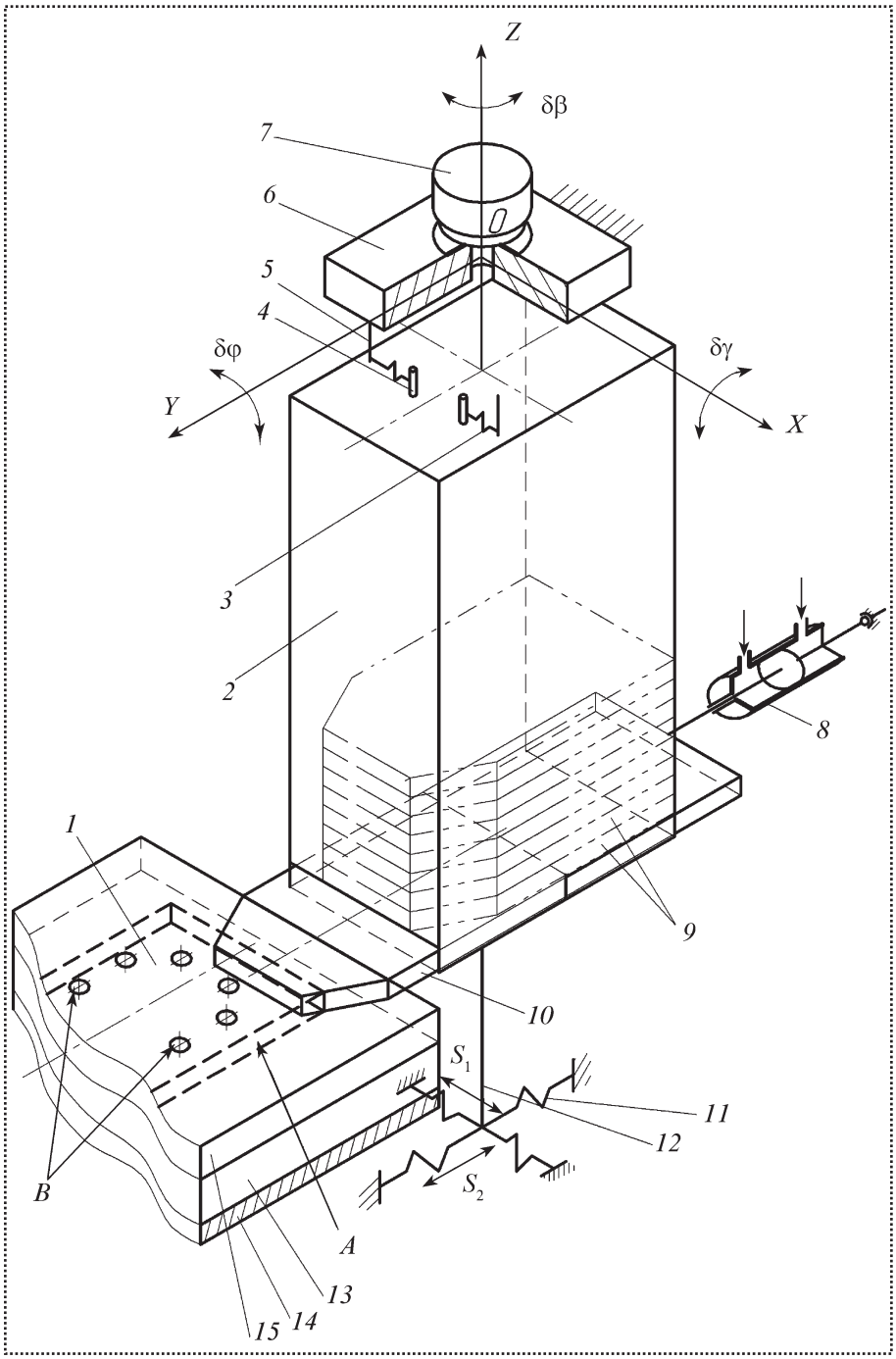


Рис. 8. Сборочный автомат установки с доориентацией плоских уплотнений на гладкую верхнюю плоскость собираемого узла

крепле́н к раме *6*. Шарнирное крепление питателя позволяет ему иметь ограниченные повороты вокруг неподвижных осей координат *XOYZ* на углы $\delta\gamma$, $\delta\varphi$, $\delta\beta$. Для обеспечения фиксированного исходного положения питателя и ограниченных поворотов вокруг осей он поджат пружинами *3* и *11*. Для выдачи плоского уплотнения питатель снабжен шибером *10*, который приводится в движение пневмоцилиндром *8* и подает в полость *A*. Для исключения смещения или выдвижения уплотнения из полости *A* при обратном ходе шибера *10* в полости плиты *15* имеется плоская пружина (условно не показана).

При автоматизированной сборке необходимо надежно в ориентированном положении установить уплотнение на поверхности узла.

Для этих целей, как уже упоминалось, на плите *15* имеется полость под размер уплотнения. Доориентация шибера *10* при его силовом взаимодействии с плитой *15* обеспечивается за счет угловой податливости питателя вокруг трех осей *X*, *Y*, *Z* и линейного перемещения вдоль осей $Y–S_2$, $X–S_1$.

Для надежной взаимной доориентации полости плиты и шибера необходимо выполнить следующие условия:

$$\begin{cases} \delta S_1 > \delta S_a + \delta S_{\text{о}} + \delta\gamma r; \\ \delta\beta > \dfrac{\delta S_1}{r}; \\ \delta\gamma > \dfrac{\delta S_{\varphi}}{r}; \\ \delta\varphi > \dfrac{\delta S_{\text{и}}}{\rho}, \end{cases}$$

где δS_1 – смещение оси исполнительного органа (оси шибера питателя) относительно полости спутника (оси прямоугольной полости на верхней плоскости узла);

δS_a – погрешность смещения края узла в спутнике подающего устройства относительно номинального положения: $\delta S_a = \delta\alpha R$ (здесь $\delta\alpha$ – угловая погрешность положения оси узла на подающем устройстве относительно номинального положения; *R* – радиус поворотного подающего устройства);

$\delta S_{\text{о}}$ – погрешность смещения оси шибера на исполнительном органе относительно номинального положения;

$\delta\gamma$ – угол поворота плоскости исполнительного органа относительно оси *OX* для обеспечения совмещения оси узла (оси полости *A* на плите *15*) и оси уплотнения на шибере;

r – расстояние от оси поворота *Z* исполнительного устройства (питателя) до края плоскости уплотнения;

$\delta\beta$ – предельный угол поворота – доориентации вокруг оси *Z* уплотнения в горизонтальной плоскости *XOY*;

$\delta\gamma$ – предельный угол перекоса плоскостей узла и уплотнения в вертикальной плоскости *YOZ* при повороте вокруг оси *OX*;

$\delta\varphi$ – предельный угол доориентации узла и уплотнения в вертикальной плоскости *XOZ* при повороте вокруг оси *OY*;

δS – погрешность несовпадения плоскости исполнительного органа (плоскости уплотнения) относительно верхней плоскости узла за счет разворота исполнительного органа;

$\delta S_{\text{и}}$ – погрешность смещения нижней плоскости исполнительного органа за счет смещения его центра масс;

ρ – расстояние от точки привеса *O* до нижней плоскости исполнительного органа.

Взаимная доориентация соединяемых узлов и деталей на основе изменения последовательности сборки

Доориентация комплекта деталей, состоящего из плоского уплотнения и скрепляемой детали, при установке их на собираемые узлы. Устройство для автоматизированной установки комплекта деталей [6] внедрено в производство.

Устройство (рис. 9) содержит питатели уплотнений *2* и сопрягаемых деталей *22*, закрепленные на верхней плите *1* рамы. Питатели уплотнениями и деталями заполняются вручную. В нижней части питателей расположены ши-

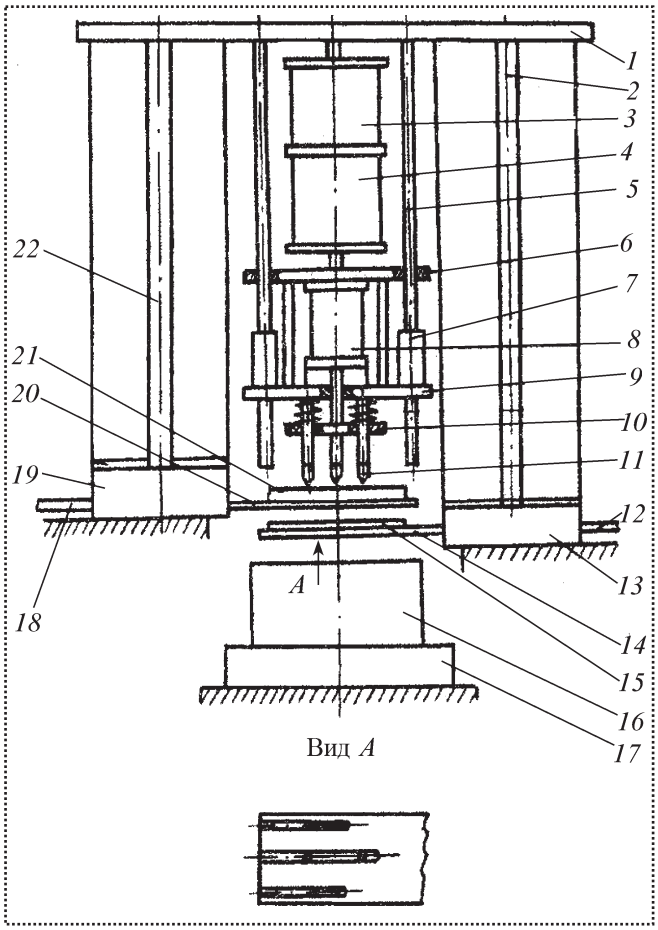


Рис. 9. Устройство для автоматизированной установки комплекта деталей

беры *14* и *20*, которые приводятся в движение штоками *12* и *18* пневмоцилиндров (условно не показаны). К верхней плите *1* крепятся направляющие *5* и шток верхнего пневмоцилиндра *3*, совместно с которым выполнен нижний пневмоцилиндр *4*, который штоком соединен с плитой *7* механизма захвата и установки сопрягаемой детали и уплотнения. К плите *7* жестко прикреплен пневмоцилиндр *8*, шток которого соединен со сбрасывателем *10* комплекта детали *21* и уплотнения *15* с цанговых конических штифтов *11*, проходящих через сбрасыватель.

Штифты *11* выполняют функции удержания и направления уплотнения и сопрягаемой детали при установке их на собираемый узел *16*, который подается шаговым конвейером *17*.

Устройство работает следующим образом. В исходном положении штоки всех пневмоцилиндров втянуты. Шаговым конвейером *17* подается собираемый узел. Выдвигаются по направляющим *19* и *13* шибер *20* с сопрягаемой деталью *21* и шибер *14* с уплотнением *15*. По команде выдвигается шток пневмоцилиндра *3*. По направляющим *5* скользят втулки *7*, опуская механизм захвата и установки сопрягаемой детали и уплотнения. Его цанговые конические штифты *11*, сжимаясь, проходят через деталь *21* и уплотнение *15*. Затем шибер *20* вдвигается в питатель *22*, при этом штифты *11* проходят по пазам шиберов и деталь *21* ложится на уплотнение *15*. Убирается шибер *14*, а сопрягаемая деталь и уплотнение удерживаются цанговыми штифтами *11*. Выдвигается шток пневмоцилиндра *4*. Комплект детали *21* и уплотнения *15*, доориентируясь штифтами *11*, конусы которых вошли в резьбовые отверстия на узле *16*, точно устанавливаются на собираемом узле *16*. Выдвигается шток пневмоцилиндра *8* и сбрасыватель *10*, сжимая цанги штифтов *11*, снимает с них деталь и уплотнение. Вдвигаются штоки пневмоцилиндров *3*, *4*, *8* и система приводится в исходное состояние.

При малой массе узла надежность сборки обеспечивается за счет его смещения при взаимодействии со штифтами.

При значительной массе узла направляющие стержни с штифтами *11* должны обладать податливостью за счет их крепления в резиновых втулках к плите *9*.

Доориентирование уплотнений за счет их установки перед завинчиванием шпилек. В производстве при скреплении узлов и деталей групповыми шпилечными соединениями применяют следующую последовательность сборочных операций – завинчивают шпильки, а затем устанавливают уплотнение. Но из-за неперпендикулярности ввинченных шпилек к плоскости узла с учетом их значительной длины очень сложно без повреждения установить уплотнение, тем более в автоматизированном режиме.

Предлагается последовательность сборки изменить. В начале автоматизированно установить уплотнение, например, по аналогии с разделом "Доориентация плоских уплотнений при установке на собираемые узлы", а затем в отверстия плиты *4* (см. рис. 8) вставить шпильки, которые будут направляться отверстиями плиты, и ввинтить в узел без повреждения уплотнения.

Библиографический список

1. **А.с. № 1801724** СССР. Автомат для установки уплотнителей в ступенчатые отверстия / Ю.З. Житников и др. Б.И. 1993, № 10.

2. **А.с. № 1620261** СССР. Многошпиндельный гайковерт для завинчивания шпилек / Ю.З. Житников, В.А. Проньков. Б.И. 1991, № 2.

3. **А.с. № 1768367** СССР. Устройство для запрессовки штифтов в корпусные детали / Ю.З. Житников и др. Б.И. 1992, № 38.

4. **Житников Ю.З.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для машиностроительных вузов / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников, А.Г. Схиртладзе, Д.С. Воркуев; под общ. ред. проф. Ю.З. Житникова. Старый Оскол: ТНТ, 2009. 656 с.

5. **Патент № 2350451.** Способ установки плоских уплотнений на собираемый узел с резьбовыми отверстиями / Ю.З. Житников и др. Б.И. 2009, № 9.

6. **Патент № 2074804.** Устройство для сборки деталей / Ю.З. Житников, Б.Ю. Житников. Б.И. 1997, № 7.

УДК 621.865.8.14 – 851.1

М.Г. Кристаль, *д-р техн. наук,* **О.С. Харькин,** *канд. техн. наук*
(Волгоградский государственный технический университет)
E-mail: crysmar@mail.ru

Устройство контроля и многодиапазонной сортировки деталей с программируемой системой управления

Для повышения производительности сортировки, варьирования количества групп сортировки и диапазона размеров внутри группы предложено устройство контроля и представлена структура устройства и блок перепрограммируемой логики.

For better performance of sorting, varying the number of groups sorting and a range of sizes within the group proposed monitoring device. The structure of the device and re-programmable logic block submitted.

Ключевые слова: контроль, сортировка, программируемая система управления, блок логики.
Keywords: control, sorting, programmable administration, the logic block.

В ряде случаев возникает необходимость сортировать контролируемые детали на большое число групп. Для повышения производительности сортировки целесообразно располагать сортировочные окна таким образом, чтобы детали с наиболее часто встречаемым значением параметра сортировки направлялись в ближайшие к контрольной позиции сортировочные лотки. Кроме того, в зависимости от технологической задачи иногда необходимо варьировать количество групп сортировки, и диапазон размеров внутри группы.

Для решения этой задачи разработано устройство контроля и многодиапазонной сортировки деталей [1]. На рис. 1 представлена структура устройства, а на рис. 2 – блок перепрограммируемой логики (во избежание путаницы позиции *1–23* указаны на рис. 1, позиции *24–37* – на рис. 2).

В качестве первичного измерительного преобразователя используется эжекторный преобразователь с выносным соплом. Формирование команд на сортировку деталей по размерным группам осуществляется пневматическим аналого-цифровым преобразователем (АЦП) времяимпульсного преобразования.

Устройство содержит механизм подачи сортируемых деталей *4*, узел *13* контроля, содержащий пневматический датчик *3* линейных

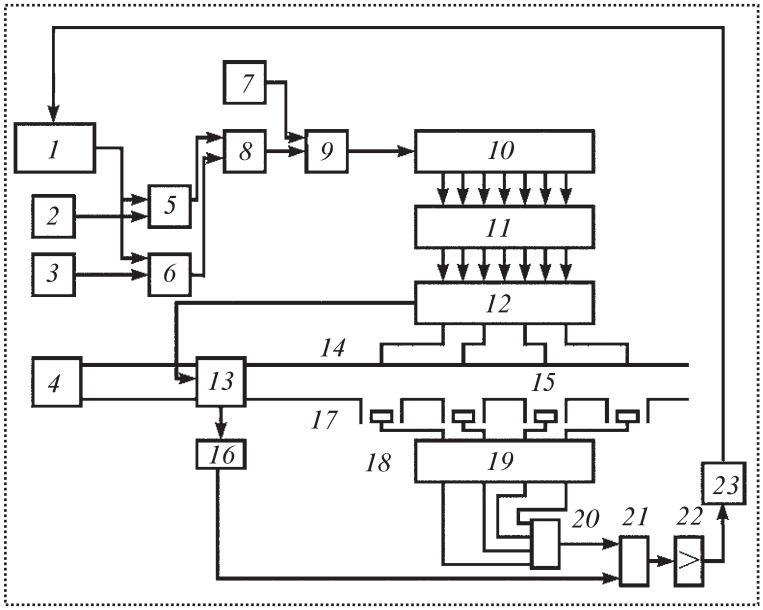


Рис. 1. Структура устройства контроля и многодиапазонной сортировки

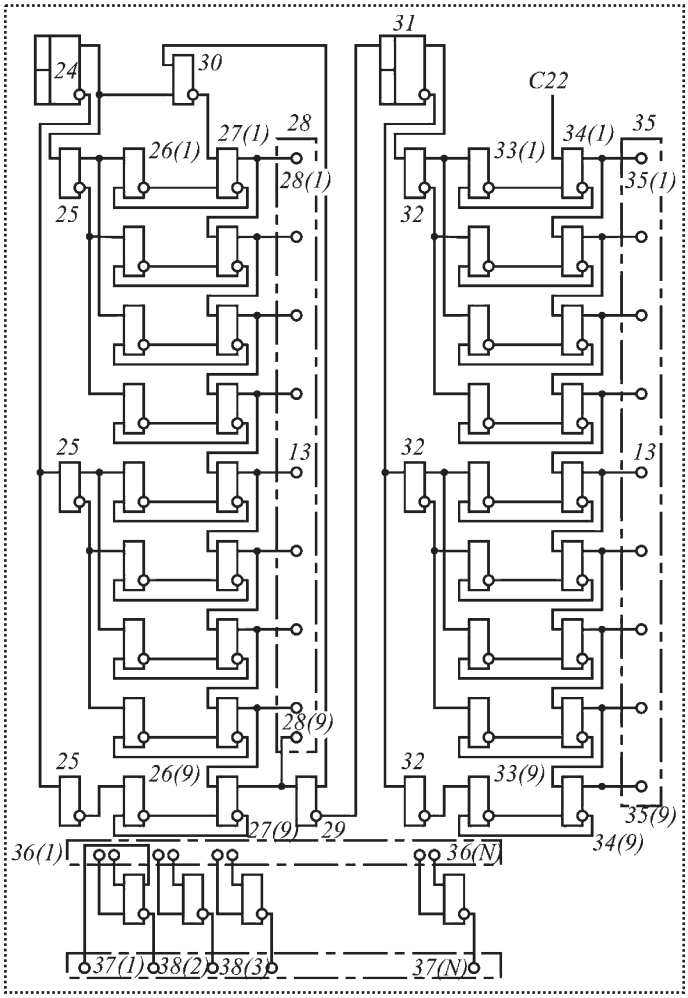


Рис. 2. Схема блока перепрограммируемой логики устройства контроля и многодиапазонной сортировки

размеров и датчик *16* наличия детали. Для преобразования выходного давления измерительного преобразователя во временной интервал используется генератор *1* пневматического линейно изменяющегося сигнала (ГПЛС), выход которого подключен к входам элементов сравнения (ЭС) *5* и *6*. Второй вход элемента *5* соединен с задатчиком давления *2*, а второй вход элемента *6* – с выходом пневматического датчика *3*. Выходы ЭС *5* и *6* подключены к входам триггера (Тг) *8*, его выход связан с входом элемента "И" *9*, на второй вход которого подаются сигналы струйного генератора *7* импульсов стабилизированной частоты (ГИ). Выход элемента *9* подключен к блоку *10* формирования номера сортировочной группы (БФНГ), который через плату *11* программирования (ПП) связан с блоком *14* струйных исполнительных устройств, имеющим сортировочные сопла *14*, расположенные в боковой стенке транспортного канала *16* соосно сортировочным лоткам *17*. В этих лотках располагаются струйные датчики *18* контроля прохождения деталей, подключенные к блоку контроля *19*. Выходные сигналы с блока *19* через элемент "ИЛИ" *20* поступают на триггер *21*, а с него – на усилитель *22* и далее на клапан *23* включения генератора *1*.

Блок формирования номера сортировочной группы *10* содержит триггер со счетным входом *24*, на вход которого поступают импульсы с элемента "И" *9*. Взаимоинверсные выходы счетного триггера *24* соединены через размножители *25* сигналов, соответственно, с входами нечетных и четных триггеров, реализованных на двух элементах "ИЛИ–НЕ–ИЛИ" *26* и *27*. Выходы с элементов *27* подключены к штуцерам *28* платы *11* и к входам последующих элементов *27*.

Выход девятого элемента *27*(*9*) подключен к штуцеру *28* и входу элемента *29*. Прямой выход элемента *29* подключен к входу элемента "ИЛИ–НЕ" *30*, второй вход которого соединен с прямым выходом счетного триггера *24*. Выход

элемента *30* соединен с входом элемента *27*(*1*) первого триггера. Инверсный выход элемента *29* соединен с входом второго счетного триггера *31*. В свою очередь, его взаимоинверсные выходы через размножители сигналов *32* соединены соответственно с входами нечетных и четных триггеров, собранных на элементах "ИЛИ–НЕ–ИЛИ" *33* и *34*. Выходы элементов *34* подключены к штуцерам *35* платы *11* и к входам последующих элементов *34*. Кроме того, блок *10* содержит элементы "ИЛИ–НЕ–ИЛИ", входы которых соединены со штуцерами *36* платы *11*. Инверсные выходы этих элементов соединены со штуцерами *37* платы *11*. Штуцеры *37* могут соединяться с входами струйных исполнительных устройств *12*.

Устройство работает следующим образом.

Контролируемая деталь механизмом *4* подачи деталей подается в узел *13* контроля, где установлен пневматический датчик линейных размеров *3*. На выходе измерительного преобразователя устанавливается давление, пропорциональное измеряемому размеру детали. Датчик *16* фиксирует наличие детали на измерительной позиции и подает сигнал на вход триггера *21*. Последний через усилитель *22* и клапан *23* включает в работу генератор *1*. Давление на выходе генератора *1* начинает изменяться. При совпадении давления задатчика *2* и нарастающего давления с генератора *1* происходит переключение ЭС *5* и триггера *8*, сигнал с которого поступает на вход элемента "И" *9*. Импульсы с генератора *7* проходят на вход счетного триггера *24*. На выходах счетного триггера *24* последовательно появляются сигналы, которые поступают на входы элементов *26* триггеров фиксации единиц. В начале работы все триггеры переключаются подачей импульсного сигнала выставки триггеров таким образом, что на выходах всех элементов *27* устанавливаются "1". При поступлении первого импульса со счетного триггера *24* переключается триггер *26*(*1*)–*27*(*1*) и на его выходе устанавливается "0", который не препятствует переключению следующего триггера. Поступление второго импульса переключает счетный триггер *24* и на его инверсном выходе появляется сигнал, переключающий триггер *26*(*2*)–*27*(*2*) и т.д. При появлении девятого импульса переключается триггер *26*(*9*)–*27*(*9*). На прямом выходе элемента *29* будет "0", а на инверсном – "1", которая поступит на вход второго счетного триггера *31*. Триггер *31* подготовлен к переключению. Сигнал "0" с элемента *29* поступает на вход элемента *30*, но так как на второй вход этого элемента со счетного триггера *24* поступает "1", элемент не переключается. При поступлении десятого импульса переключается счетный триггер *24* и на его прямом выходе будет "0". Два нуля на входе элемента *30* дают на его инверсном выходе "1" и происходит переключение всех триггеров *26–27*. На выходе *27*(*9*) появится "1", которая снимет сигнал с выхода элемента *30* и сигнал с входа счетного триггера *31* и на его прямом выходе появится "1". Произойдет переключение первого триггера *33*(*1*)–*34*(*1*). Далее при появлении очередного импульса на выходе элемента "И" *9* происходит переключение следующих триггеров *26–27* и т.д.

При совпадении нарастающего давления генератора *1* с давлением в междроссельной камере датчика *3* линейных размеров происходит переключение ЭС *6* и триггера *8*. Поступление импульсов от генератора *7* в БФНГ *12* прекратится. На выходных штуцерах *28* и *35* фиксируются те сигналы ("0" или "1"), которые установились к моменту отключения триггера *8*.

Например, при прохождении *64* импульсов "0" будут на первых четырех штуцерах *28* и на шести штуцерах *35*. На всех остальных штуцерах сохранятся сигналы "1". Для программирования количества размерных групп и диапазона изменения размера внутри размерной группы необходимо с помощью гибких трубопроводов соединить соответствующие штуцеры *28* и *35* со штуцерами *36*. Например, если весь измерительный диапазон необходимо разбить на пять групп с интервалом в восемнадцать импульсов при нижней границе, соответствующей 30 импульсам, необходимо соединить штуцер *35*(*3*)

со штуцером *36*(*1*), штуцеры *28*(*8*) и *35*(*4*) – с *36*(*2*), штуцеры *28*(*6*) и *35*(*6*)–*36*(*3*), штуцеры *28*(*4*) и *35*(*8*) – с *36*(*4*). В этом случае, если размер контролируемой детали меньше заданного (соответствующего 30 импульсам), то триггер *33*(*3*)–*34*(*3*) не переключится и на его выходе сохранится единица, которая поступит на вход элемента "ИЛИ–НЕ–ИЛИ" и на штуцере *37*(*1*) будет "1". Этот сигнал поступит на соответствующее струйное исполнительное устройство. Если размер детали окажется в пределах интервала, соответствующего $30 \le \Delta < 48$ импульсов, переключается триггер *33*(*3*)–*34*(*3*), но еще не переключаются триггеры *33*(*4*)–*34*(*4*) и *26*(*8*)–*27*(*8*). Поэтому на входах элемента "ИЛИ–НЕ–ИЛИ" будут "0" и на штуцере *37*(*2*) появится сигнал "1" и т.д.

Таким образом, со штуцеров *37* поступает сигнал на одно из сопел *14* блока *12* струйных исполнительных устройств, соответствующее размерной группе данной контролируемой детали. После окончания измерения поступает команда на перемещение детали струей воздуха по транспортному каналу *15*. При подходе детали к соответствующему сортировочному лотку *17*, она струей воздуха из сопла *14* направляется в этот лоток. При прохождении детали сигнал струйного датчика *18* через блок контроля *19* и элемент "ИЛИ" *20* переключит триггер *21*. Сигнал с выхода триггера *21* поступает на усилитель *22*, а с его выхода – на клапан *23* и на выставку всех триггеров для подготовки схемы к новому циклу. Клапан *23* открывается, давление генератора *1* падает до атмосферного, и он подготовлен к следующему циклу.

Переналадка устройства на новые режимы работы (количество групп сортировки, порядок их следования, размерный диапазон группы) производится путем соединения штуцеров *37* с соответствующими штуцерами *28* и *35*, и выходных штуцеров *37* – с входами блока *12* струйных исполнительных устройств.

Библиографический список

1. **Патент РФ № 1498562** В 07 С 5/08 / Устройство для сортировки деталей / А.И. Сутин, О.С. Харькин // ВолгПИ, Б.И. 1989, № 29.

Кафедра **"Управление качеством и сертификация"** *приглашает Вас принять участие в Одиннадцатой Всероссийской научно-практической конференции* **"УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ"** *, посвященной восьмидесятилетнему юбилею МАТИ, которая пройдет* **12–13 марта 2012 года** *в ФГБОУ ВПО "МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского".*

Более подробно о конференции вы можете узнать из информационного сообщения, которое размещено на сайте кафедры "Управление качеством и сертификация" (www.quality.mati.ru).

Всем желающим принять участие в конференции необходимо будет заполнить Анкету участника, которую можно загрузить на сайте кафедры "Управление качеством и сертификация" (www.quality.mati.ru).

УДК 621.791.36

С.В. Зверев, *инженер (НПО "Техномаш")*
E-mail: technomash@mtu-net.ru

Пайка конструкций из высокопрочных сталей с сотовым наполнителем

Показаны особенности пайки конструкций с сотовым наполнителем. Рассмотрено влияние защитной среды на качественное формирование паяного соединения. Даны рекомендации по использованию газообразного флюса фторида Ti или Zr, получаемого разложением фтортитаната или фторцирконата калия при пайке в защитной среде Ar.

Shows the special rations with honeycomb structures. The influence of a protective environment for the formation of solder joint quality. The recommendations on the use of gaseous fluoride flux Ti or Zr, the resulting expansion ftortitanat or ftortsirkonat potassium during soldering in a protectiveen vironment Ar.

Ключевые слова: сотовый наполнитель, фтортитанат, фторцирконат, припой, флюс, качество паяных соединений.

Keywords: honeycomb, ftortitanat, ftortsirkonat, solder, flux, solder joint quality.

При создании летательных аппаратов различного назначения необходимо применение облегченных конструкций, обладающих высокой жесткостью и надежностью в процессе эксплуатации.

Для получения узлов с оптимальным соотношением механических и массовых характеристик чаще всего обращаются к трехслойным конструкциям с сотовым заполнителем. Преимущества такой конструкции – высокая удельная прочность, сравнительно низкая трудоемкость изготовления деталей, хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики.

Сотовая панель представляет конструкцию, состоящую из тонколистовых обшивок *1* и расположенного между ними сотового наполнителя *2* (рис. 1). В конструкцию могут также входить силовые и окантовочные элементы, служащие для стыковки панелей между собой.

Наиболее применяемый и распространенный способ соединения обшивочных листов с сотовым наполнителем – это высокотемпературная пайка, позволяющая получать прочные паяные соединения.

Обшивочные оболочки изготавливают из материала толщиной 0,2...2,0 мм, а сотовый наполнитель – из фольги толщиной 0,05...0,1 мм.

Сначала фольгу разрезают дисковыми ножницами на полосы необходимой ширины, определяющей высоту заполнителя (рис. 2, *а*). Затем прокаткой в зубчатых роликах формообразовывают фольгу в соответствии с размером грани ячейки соты (рис. 2, *б*).

Формообразованные ленты сваривают точечной контактной сваркой в сотоблок (рис. 2, *в*), торцы которого обрабатывают электроэрозионным способом для получения необходи-

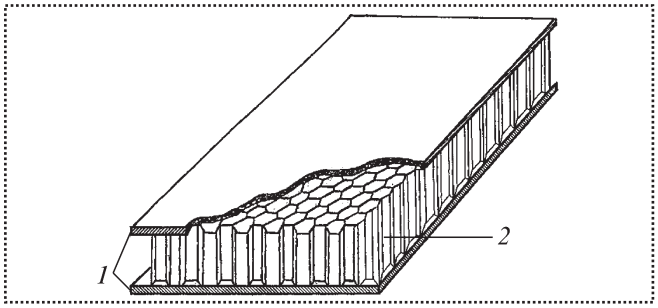


Рис. 1. Сотовая панель

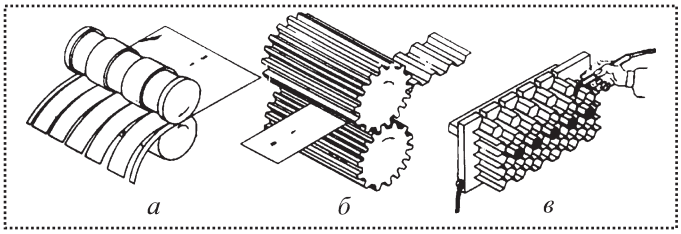


Рис. 2. Схема изготовления сотоблока

мой плоскостности, что обеспечит прилегание поверхностей соединяемых обшивок при сборке.

Для изготовления узлов повышенной прочности, жесткости и коррозионной стойкости в качестве конструкционного материала была выбрана сложнолегированная сталь мартенситного класса марки ЭП678 (по ТУ 14-1-3568–83 – 03Х11Н10М2Т), содержащая 9...10 % Ni, 1,2...2,0 % Mo, 0,7...1,1 % Ti и 10...11 % Cr.

Учитывая высокие требования к удельной прочности конструкций с сотовым заполнителем, при отработке технологии пайки обшивок с сотоблоком был выбран припой ПМ 17 (системы медь–марганец–никель), который обеспечивает получение высокопрочных и коррозионно-стойких паяных соединений различных конструкций из стали.

Припой ПМ 17 выпускается в виде фольги толщиной 0,05...0,10 мм по ТУ 48-21-326–79; температура пайки этим припоем составляет 990...1020 °С.

Пайку образцов сотовой панели проводили в воздушной печи сопротивления в стальном сварном контейнере.

При изготовлении паяной сотовой панели наиболее ответственной операцией является сборка узлов под пайку. Поэтому для сборки и пайки образцов панелей небольших габаритов (300×500 мм) была спроектирована и изготовлена оснастка, фиксирующая детали и обеспечивающая их поджатие в процессе нагрева.

Оснастка состоит из двух плоскопараллельных стальных плит, между которыми размещают паяемый узел. Плиты стягиваются по контуру шпильками из молибденового сплава. Из-за большой разницы коэффициентов линейного расширения стали и молибдена при нагреве в процессе пайки создается постоянная сила сжатия соединяемых деталей.

При пайке стальных панелей для качественного формирования паяного соединения применяют защитную среду аргона (на проток или застойный) с добавками флюса фторбарата калия (KBF_4), который размещают в специальных емкостях внутри контейнера.

Проведенные работы показали, что пайка высокопрочных сталей (типа ЭП678) в защитной среде аргона с добавками флюса фторбарата калия не обеспечивает получения стабильных свойств паяных соединений.

В процессе нагрева флюс разлагается с образованием трехфтористого бора (BF_3), способствующего удалению оксидной пленки с поверхности паяного материала и взаимодействующего с легирующими добавками стали ЭП678, которые обладают бóльшим сродством к фтору, чем бор. Одним из таких легирующих элементов является титан.

Процесс взаимодействия при температуре 800...1 000 °С происходит по реакции:

$$BF_3 + Ti = TiF_3 + B.$$

Образующийся черный графитообразный бор оседает на поверхности основного материала и препятствует растеканию припоя. Поэтому для качественного формирования паяного соединения необходимо использовать газообразный флюс, не вступающий во взаимодействие с компонентами сложнолегированных сталей в процессе пайки. Таким флюсом может быть фторид титана или циркония.

Исходный продукт получения этих флюсов – соли фтортитаната или фторцирконата калия ($KTiF_4$, $KZrF_4$), которые выпускаются отечественной промышленностью.

Применение этих солей (вместо KBF_4) вместе с нейтральным газом (аргоном) создает при пайке защитную атмосферу, обеспечивающую восстановление поверхностных оксидов сложнолегированных сталей и способствующую качественному формированию паяного соединения (рис. 3).

Использование сборочно-паяльной оснастки с молибденовыми шпильками неэффективно при пайке крупных сотовых панелей (размером 300×500 мм), так как создаваемое при нагреве усилия сжатия на соединяемые детали недостаточно для формирования паяных швов.

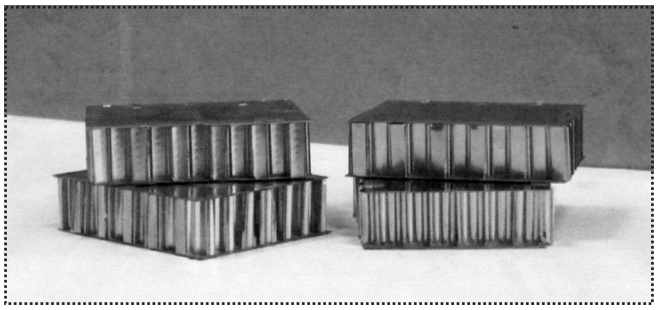


Рис. 3. Спаянные макетные образцы

Необходимое поджатие соединяемых поверхностей можно создать за счет вакуумирования контейнера до $5 \cdot 10^4 ... 8 \cdot 10^4$ Па и использования разности давлений (внешнего и внутреннего).

Использование в качестве флюса солей фтортитаната или фторцирконата калия для пайки сложнолегированных сталей обеспечивает сохранение механических свойств конструкционного материала и повышение прочности паяных соединений по сравнению с соединениями, полученными с использованием соли фторбарата калия.

В таблице приведены результаты испытаний паяных соединений и основного материала после пайки с применением различных активирующих флюсов.

Разработанный технологический процесс пайки узлов из сложнолегированных высокопрочных сталей типа ЭП678 в среде аргона с газообразным флюсом фторида титана или циркония позволит значительно расширить технологические возможности изготовления паяных конструкций с сотовым заполнителем, а также существенно повысить их качество и надежность.

Использование паяных соединений с сотовым заполнителем из высокопрочных сталей при изготовлении корпусных узлов летательных аппаратов взамен имеющихся цельнометаллических конструкций из алюминиевых сплавов обеспечивает снижение массы на 40...50 %, повышение на 10...15 % прочностных свойств конструкций и на 5...7 % – снижение трудоемкости их изготовления.

Читайте в следующем номере

Курнасов Е.В. Оценка степени межуровневого взаимодействия информационных потоков производственного предприятия с MES-системой

Березин С.Я., Охрименко М.И. Управление устойчивостью положения инструмента или крепежной детали в начальный момент сопряжения

Ковтунов А.И., Чермашенцева Т.В., Селянин П.Н. Технология сварки сталей, покрытых алюминием, проволокой из аустенитной стали

Шипилов А.В., Ерофеев В.А., Полосков С.И. Оценка влияния погрешностей сборки на качество сварных соединений при орбитальной сварке трубопроводов малых диаметров

Албагачиев А.Ю., Кушнир А.П. Влияние погрешностей установки на герметичность бесконтактных уплотнительных устройств

Шаломов В.И. О влиянии некоторых параметров газовых опор на выходные характеристики шпиндельных узлов шлифовальных станков

УДК 658.512

И.Л. Волчкевич, *канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана)*
E-mail: vil@bmstu.ru

Обеспечение потребностей сборки при изготовлении деталей машин

Изложен методический подход к определению количества сборочных комплектов деталей и объемов их операционных партий, обеспечивающих непрерывность механосборочного производства, учитывающий непроизводительные затраты времени для технологических комплексов инвариантно их специализации.

The new methodological approach is presented in defining the number of assembly sets of details and quantities of batch runs which provide steady mechanical assembly production with respect to nonproductive rig time for machinery manufacturing facilities invariant to their production lines.

Ключевые слова: технологический комплекс, многономенклатурное производство, сборка, оптимальный размер партии.

Keywords: machinery manufacturing facilities, multi-product manufacturing, assembly process, the optimum batch quantity.

Современное машиностроительное производство наиболее часто представляет собой совокупность взаимодействующих технологических комплексов (ТК) изготовления деталей и сборки машин. Основной задачей ТК изготовления деталей является непрерывное обеспечение сборки деталями заданного качества в необходимых количествах. Последнее требует, чтобы необходимое количество оборудования ТК изготовления деталей определялось с учетом особенностей его эксплуатации в составе других комплексов производственного процесса и возникающих при этом непроизводительных потерь времени [1].

Более 85 % современных машиностроительных предприятий относятся к производствам единичного и серийного типов. Изготовление деталей выпускаемых машин осуществляется периодически повторяющимися партиями. При переходе от изготовления одной партии деталей к другой проводят переналадку оборудования. Для фиксированной программы выпуска машин число переналадок оборудования напрямую связано с объемами партий деталей, изготавливаемых между переналадками. Возникающий при изготовлении деталей брак, иногда проявляющийся лишь при сборке, приводит к необходимости дополнительных возвратных переналадок.

Часто возникает противоречие между поштучным характером сборки и партийным изготовлением деталей. Вместе с тем действует принцип: независимо от складывающейся при изготовлении деталей производственной ситуации ТК сборки не должны ощущать недостатка в необходимых деталях. На практике данный принцип реализуют, создавая пополняемые запасы деталей, необходимых для сборки. Это приводит к росту объемов незавершенного производства и, как следствие, неоправданным затратам. Между тем показано, что уменьшение указанных запасов вдвое ведет к снижению себестоимости продукции не менее чем на 10 % [3]. Методики определения и оптимизации объемов партий деталей, изготавливаемых между переналадками оборудования ТК, достаточных для гарантированного обеспечения потребностей сборки современное машиностроение не имеет.

Задача обеспечения необходимыми деталями потребностей сборки сводится к вычислению времени изготовления необходимого количества деталей, составляющих N сборочных

комплектов, и времени расходования того же количества комплектов сборкой. Считая время комплектования несущественным по сравнению со временем изготовления деталей и временем сборки, определим оптимальное количество комплектов через равенство последних:

$$\sum\theta_{\text{изг}}(N)=\sum\theta_{\text{сб}}(N), \qquad (1)$$

где $\theta_{\text{изг}}(N)$ – время изготовления N комплектов деталей;

$\theta_{\text{сб}}(N)$ – время сборки N изделий.

В первом приближении:

$$\sum\theta_{\text{сб}}(N)=\frac{Nt_{\text{Дсб}}}{p}, \qquad (2)$$

где $t_{\text{Дсб}}$ – такт сборки;

p – число параллельных сборочных потоков (линий).

Изготовление деталей ведут на участках ТК. За каждым из участков закреплено изготовление своей части сборочного комплекта и своя доля объема необходимой обработки каждой из закрепленных деталей. На участке необходимо изготовить детали m наименований с объемами выпуска $Z_j, j = 1, ..., m$. Общий объем выпуска для каждой из деталей, при потребности сборки в N комплектов, составит NZ_j.

Для участков с технологической специализацией, где все детали комплекта запускаются в изготовление параллельно, суммарное время изготовления $\theta_{\text{изг}j}$ каждой из деталей комплекта равно:

$$\theta_{\text{изг}j}=\frac{T_{\text{ц}j}Z_j}{C_{\text{п}j}\eta_{\text{ис}j}}N+K_{\text{з}}T_{\text{ц}j}, \qquad (3)$$

где $T_{\text{ц}j}$ – время цикла изготовления j-й детали на оборудовании определенной группы и типа;

$C_{\text{п}j}$ – число параллельно работающих станков, на которых изготавливается j-я деталь;

$\eta_{\text{ис}j}$ – коэффициент использования времени межналадочных периодов станка, на котором изготавливают j-ю деталь;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент пропорциональности между временем наладки на изготовление j-й детали и временем цикла ее изготовления.

Если все детали комплекта запущены в изготовление параллельно, то суммарное время изготовления комплекта равно наибольшему значению $\theta_{\text{изг}j}$, определенному по формуле (3). При последовательном изготовлении деталей комплекта

$$\sum\theta_{\text{изг}}(N)=\sum_{j=1}^{m}\theta_{\text{изг}j}.$$

Предварительные расчеты целесообразно выполнять, выбрав из комплекта деталь-представитель [4], с учетом необходимого числа переналадок m.

Тогда

$$\sum\theta_{\text{изг}}(N)=\frac{T_{\text{ц пр}}z_{\text{пр}}}{C_{\text{п пр}}\eta_{\text{ис пр}}}N+K_{\text{з пр}}T_{\text{ц пр}}m, \qquad (4)$$

где индекс "пр" указывает соответствие значений величин в формуле (4) значениям в формуле (3) для детали-представителя.

Приравняв, с учетом формулы (1), значение, полученное из формул (2) и (4), получим уравнение для определения оптимального количества комплектов N деталей, обеспечивающего непрерывность процессов изготовления и сборки последних:

$$\frac{T_{\text{ц пр}}Z_{\text{пр}}}{C_{\text{п пр}}\eta_{\text{ис пр}}}N^*+K_{\text{з пр}}T_{\text{ц пр}}m=\frac{t_{\text{Дсб}}}{p}N;$$

откуда, после преобразований,

$$N^*=\frac{K_{\text{з пр}}T_{\text{ц пр}}mpC_{\text{п пр}}\eta_{\text{ис пр}}}{C_{\text{п пр}}\eta_{\text{ис пр}}t_{\text{Дсб}}-pT_{\text{ц пр}}Z_{\text{пр}}}. \qquad (5)$$

При $p = 1$ $C_{\text{п пр}}=1$ выражение (5) преобразуется к виду:

$$N^*=\frac{m}{Z_{\text{пр}}}\frac{K_{\text{з пр}}}{\dfrac{t_{\text{Дсб}}}{T_{\text{ц пр}}Z_{\text{пр}}}-\dfrac{1}{\eta_{\text{ис пр}}}}. \qquad (6)$$

Анализ формулы (6) показывает, что оптимальное количество последовательно изготавливаемых сборочных комплектов с точки зрения минимизации промежуточных запасов зависит от соотношений:

• между количеством деталей разных наименований в сборочном комплекте и общим количеством деталей, составляющих комплект;

• между тактом сборки и суммарным временем изготовления деталей, входящих в сборочный комплект.

Условием существования формулы (6) будет

$$\frac{t_{\text{Дсб}}}{T_{\text{ц пр}} Z_{\text{пр}}} - \frac{1}{\eta_{\text{ис пр}}} > 0. \qquad (7)$$

Так как $0 < \eta_{\text{ис пр}} < 1$, то из формулы (7) можно заключить, что такт сборки должен превышать суммарное время изготовления деталей комплекта.

Зная значение N^*, можно рассчитать оптимальные объемы партий изготовления деталей каждого наименования, входящих в комплект

$$N_j = N^* Z_j.$$

В общем случае, при $p > 1$ и $C_{\text{п}} > 1$, проведя аналогичные преобразования, получим

$$N^* = \frac{m}{Z_{\text{пр}}} \frac{K_{\text{з пр}}}{\dfrac{t_{\text{Дсб}}}{pT_{\text{ц пр}} Z_{\text{пр}}} - \dfrac{1}{C_{\text{п пр}} \eta_{\text{ис пр}}}}. \qquad (8)$$

Для участков с предметной специализацией время изготовления N комплектов равно сумме времен прохождения каждой из деталей по всем q операциям процесса ее изготовления:

$$\sum \theta_{\text{изг}}(N) = N \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{q} \frac{T_{\text{ц}ij} Z_j}{\eta_{\text{ис}i} C_{\text{п}ij}} + \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{q} K_{\text{з}i} T_{\text{ц}ij}.$$

Здесь, при сохранении структуры формулы (3), индексами помечены: j – деталь комплекта; $j = 1, ..., m$; i – операция (станок); ij – изготовление j-й детали в i-й операции; $K_{\text{з}i}$ – коэффициент пропорциональности между временем наладки и временем цикла изготовления на i-й операции.

На ранних этапах формирования технологических решений целесообразно определить время изготовления N комплектов деталей расчетом по данным, полученным для детали-представителя:

$$\sum \theta_{\text{изг пр}}(N) = \frac{NZ_{\text{пр}}}{\eta_{\text{ис}}} \sum_{i=1}^{q} \frac{T_{\text{ц пр}i}}{C_{\text{п}i}} + mK_{\text{з}} \sum_{i=1}^{q} T_{\text{ц пр}i},$$

где $T_{\text{ц пр}i}$ – время изготовления детали-представителя на i-й операции. Величина $\sum_{i=1}^{q} T_{\text{ц пр}i}$ есть суммарное время циклов изготовления детали-представителя по всем операциям, выполняемым на участке.

Для предварительных расчетов можно принять $C_{\text{п}i} = 1$, тогда:

$$\sum \theta_{\text{изг пр}}(N) = \frac{NZ_{\text{пр}} T_{\text{с пр}}}{\eta_{\text{ис}}} + mK_{\text{з}} T_{\text{с пр}},$$

где $T_{\text{с пр}}$ – суммарная станкоемкость изготовления детали-представителя на участке,

$$N^* = \frac{m}{Z_{\text{пр}}} \frac{K_{\text{з}}}{\dfrac{t_{\text{Дсб}}}{pZ_{\text{пр}} T_{\text{с пр}}} - \dfrac{1}{\eta_{\text{ис}}}}. \qquad (9)$$

Выражение (9) полностью идентично по структуре выражению (8), выведенному для участка с технологической специализацией. Условием существования решения будет

$$\frac{t_{\text{Дсб}}}{pZ_{\text{пр}} T_{\text{с пр}}} > \frac{1}{\eta_{\text{ис}}}$$

или в иной форме

$$t_{\text{Дсб}} \eta_{\text{ис}} > pZ_{\text{пр}} T_{\text{с пр}}.$$

Проиллюстрируем описанное численным примером. Пусть в сборочный комплект входят 5 деталей ($m = 5$). Время цикла изготовления детали-представителя $T_{\text{ц пр}} = 0{,}75$ ч. Приведенная программа изготовления детали-представителя $Z_{\text{пр}} = 100$ шт. Такт сборки $t_{\text{Дсб}} = 100$ ч. Коэффициент использования оборудования $\eta_{\text{ис}} = 0{,}8$; $K_{\text{з}} = 4$ [2].

Подставив исходные данные в формулу (6), получим, что объем оптимальной партии деталей, изготавливаемых между переналадками

$$N^* = \frac{5}{100} \frac{4}{\dfrac{100}{100 \cdot 0{,}75} - \dfrac{1}{0{,}8}} = 2{,}4.$$

Объем оптимальной партии деталей, изготавливаемых между переналадками:

$$N^* Z_{\text{пр}} = 2{,}4 \cdot 100 = 240 \text{ шт}.$$

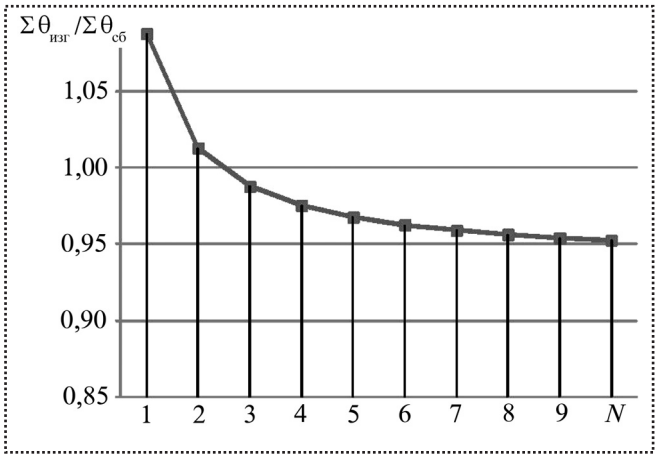


Рис. 1. Зависимость отношения времени изготовления комплекта деталей $\Sigma\theta_{изг}$ ко времени сборки того же комплекта $\Sigma\theta_{сб}$ от числа изготавливаемых и собираемых комплектов *N*

Зависимость отношения времени изготовления комплекта деталей $\Sigma\theta_{изг}$ ко времени сборки того же комплекта $\Sigma\theta_{сб}$ от количества изготавливаемых и собираемых комплектов N показана на рис. 1. Зависимость нелинейна, отношение $\Sigma\theta_{изг}/\Sigma\theta_{сб}$ уменьшается с увеличением количества комплектов, стремясь к пределу, определяемому величиной

$$\lim_{N\to\infty}\frac{\Sigma\theta_{изг}}{\Sigma\theta_{сб}}=\frac{Z_{пр}T_{ц\,пр}}{t_{Дсб}\eta_{ис}}.$$

В рассматриваемом примере значение указанной величины равно 0,94.

Зависимость времен изготовления деталей комплекта $\Sigma\theta_{изг}$ и их сборки $\Sigma\theta_{сб}$ от количества комплектов N линейны (рис. 2), их графики имеют точку пересечения, соответствующую оптимальному значению N^*.

Выводы

1. В многономенклатурном производстве возникает противоречие между поштучным характером сборки машин и партионным изготовлением деталей.

2. Обеспечение потребностей сборки увеличением запасов деталей ведет к росту объемов незавершенного производства и неоправданным производственным затратам.

3. Непрерывность механосборочного производства обеспечивается при изготовлении и подаче на сборку деталей сборочными комплектами, количество которых и объемы партий определяются с учетом непроизводительных затрат времени в соответствии с предложенной методикой для технологических комплексов инвариантно их специализации.

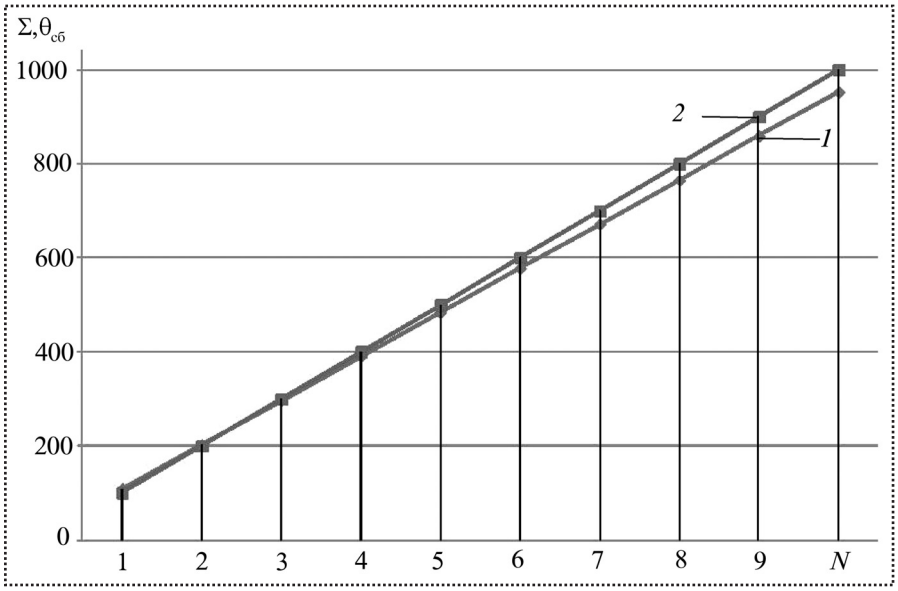


Рис. 2. Зависимость времени изготовления деталей комплекта $\Sigma\theta_{изг}$ и их сборки $\Sigma\theta_{сб}$ от числа комплектов *N*:
1 – изготовление; *2* – сборка

Библиографический список

1. **Волчкевич И.Л.** Актуальность и история развития науки о проектировании технологических комплексов машиностроения в МГТУ имени Н.Э. Баумана // Справочник. Инженерный журнал. 2010. № 9.

2. **Волчкевич И.Л.** Основы выбора состава оборудования проектируемых технологических комплексов из станков с ЧПУ // Машиностроение и техносфера XXI века: сб. трудов XVII Международной научно-технической конференции. Донецк. 2011.

3. **Давыдов В.М., Кабалдин Ю.Г.** Концептуальное проектирование мехатронных модулей механообработки. Владивосток: Дальнаука, 2003. 251 с.

4. **Мельников Г.Н., Вороненко В.П.** Проектирование механосборочных цехов: учебник для студентов машиностроит. специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.

УДК 62.799:628.87

В.С. Антонюк, *д-р техн. наук,* **Ю.Г. Мережаный,** *инженер*
(Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",
А.И. Пономаренко, *инженер ("Научно-производственный комплекс "Киевский завод автоматики им. Г.И. Петровского")*
E-mail: y.merezhany@kpi.ua

Автоматизированный контроль микроклимата производственных помещений для сборки прецизионных приборов

Предложена математическая модель, описывающая микроклимат производственного помещения для сборки прецизионных приборов и систем. Разработана система контроля микроклимата производственного модульного бокса площадью 50 м^3, обеспечивающая класс чистоты помещения до 6 ISO.

The mathematical model describing a microclimate of an industrial room for assembly of precision devices and systems is offered. The monitoring system of a microclimate of industrial modular boxing by the area of 50 m^3, providing a class of cleanliness of a room up to 6 ISO is developed.

Ключевые слова: сборка, автоматизация контроля микроклимата, чистота помещения, прецизионность.

Keywords: assembly, automation of the control of a microclimate, cleanliness of a room, accuracy.

Современное прецизионное приборостроительное производство предъявляет достаточно высокие требования для обеспечения специальных условий технологического процесса изготовления, сборки и регулирования как отдельных деталей и элементов прецизионных приборов, так и самих приборов в целом. Для обеспечения условий технологического процесса очень важным этапом является создание определенного микроклимата технологической среды, параметры которого четко контролируются и регулируются согласно техническим условиям. К основным параметрам микроклимата производственного помещения относятся: концентрация аэрозольных частиц в воздухе, скорость движения воздуха, давление и его перепады, температура и влажность воздуха.

Для создания специальных условий микроклимата технологической среды используются так называемые "чистые помещения". Согласно стандарту ISO 14644–1 чистое помещение – это помещение, в котором контролируется счетная концентрация аэрозольных частиц и которое построено и используется таким образом, чтобы свести к минимуму поступления, генерацию и накопление частиц в середине помещения, и в котором, при необходимости, контролируются другие параметры, например, температура, влажность и давление [8]. Чистые помещения классифицируются по степени чистоты воздуха в них от класса 9 ISO (наиболее низкий) до класса 1 ISO (самый высокий). Для приборостроения чаще всего используются классы чистоты 8 ISO – 5 ISO [7].

Из практического опыта известно, что увеличение концентрации частиц пыли в воздухе помещения, предназначенного для выполнения прецизионных механосборочных и регулировочных работ, отрицательно влияет на качество их выполнения. Особенно актуальна эта проблема в области прецизионного гироскопического приборостроения. В результате некачественной сборки гироприборов уменьшается выбег гиромоторов, снижается точность гироскопов за счет смещения масс подвижных частей, увеличиваются моменты трения в опорах. Увеличение момента трения в опорах является особенно важной проблемой,

поскольку другие элементы гироскопического прибора не дают такого влияния на снижение точности. Нарушения в работе главных опор оказывают влияние на смещение центра масс гиромотора, увеличивают динамический дисбаланс и вибрацию ротора, увеличивают мощность, которую потребляет гиромотор [2].

При сборке некоторых прецизионных гиромоторов используются керамические подшипники с рабочими зазорами около 4 мкм. В качестве смазки используется гелий-водородная смесь, склонная к увеличению собственной плотности при номинальных оборотах, на которых работают подшипники. При наличии частиц пыли в рабочих парах трения подшипников их нормальная работа становится практически невозможной. В таких условиях ответственные элементы подшипников начинают работать в критических режимах, из-за чего невозможно достичь необходимой точности, а также значительно уменьшаются качество и ресурс конечного изделия. Следовательно, превышение допустимой концентрации частиц пыли в воздухе производственного помещения во время выполнения прецизионных операций сборки и регулирования фактически приводит к браку продукции.

Еще одним важным параметром микроклимата технологической среды производственного помещения является температура. Изменение температуры влияет на линейные размеры деталей, жесткость отдельных элементов конструкции. При изменении температуры могут деформироваться отдельные детали конструкций приборов из-за неравномерных внутренних напряжений. При низких температурах, вследствие уменьшения зазоров в сочленениях и повышения вязкости смазки, могут значительно повышаться моменты трения в опорах, вплоть до заклинивания механизма [2]. Необходимым условием также является поддержание и распределение температуры воздуха по объему производственного помещения, поскольку при отсутствии системы стабилизации параметров микроклимата колебания температуры могут достигать 1,5...2,0 С/м, что приводит к колебанию номинальных размеров деталей в пределах 2...3 мкм [1].

Современный подход к сборочному производству прецизионных приборов заключается в создании отдельных чистых участков (зон) в пределах производственного комплекса за счет использования стационарных или модульных боксов [5]. Воздух в такие боксы подается не с улицы, а из других помещений производства, более низкого класса чистоты, предварительно очищенный, требуемых температуры и влажности, что дает определенную экономию средств за счет уменьшения мощности специализированных вентиляционно-отопительных систем бокса, и более длительный срок службы HEPA и ULPA фильтров тонкой очистки воздуха.

При сборке прецизионных гироприборов, согласно требованиям технологического процесса, в производственном помещении следует поддерживать концентрацию аэрозольных частиц в воздухе на уровне не более 8 пылинок размером 1 мкм и более на 1 л воздуха. Согласно стандарту [8] такие требования практически отвечают классу чистоты 6 ISO (таблица).

Классы чистоты по взвешенным в воздухе частицам для чистых помещений и чистых зон

Класс ISO	Граница максимальной концентрации (частиц/м^3 воздуха) при частицах размерами не менее, мкм					
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0
1	10	2	–	–	–	–
2	100	24	10	4	–	–
3	1000	237	102	35	8	–
4	10 000	2370	1020	352	83	–
5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
7	–	–	–	352 000	83 200	2930
8	–	–	–	3 520 000	832 000	29 300
9	–	–	–	35 200 000	8 320 000	293 000

Для оценки концентрации аэрозольных частиц, температуры и влажности воздуха в производственном помещении предложена математическая модель технологической среды помещения для сборки прецизионных приборов.

При выборе математической модели, предназначенной для численного моделирования микроклимата производственных помещений, следует исходить из таких задач:

• расчет потока воздуха внутри помещения с учетом размещенного в нем оборудования, перегородок, источников тепла, влаги и загрязнений;

• расчет распределения температуры в помещении; расчет распределения влажности в помещении;

• расчет потоков распространения и концентрации загрязнений в помещении.

В основе математической модели используется система нестационарных уравнений Навье–Стокса, уравнения переноса тепла, влаги и концентрации загрязнений [3]:

$$\frac{du_1}{dt} = \frac{\partial p/\rho}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{13}}{\partial x_3},$$

$$\frac{du_2}{dt} = \frac{\partial p/\rho}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{21}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial x_3},$$

$$\frac{du_3}{dt} = \frac{\partial p/\rho}{\partial x_3} + \frac{\partial \tau_{31}}{\partial x_1} + \frac{\partial \tau_{32}}{\partial x_2} + \frac{\partial \tau_{23}}{\partial x_3} + g\beta\theta,$$

$$\frac{du_1}{\partial x_1} + \frac{du_2}{\partial x_2} + \frac{du_3}{\partial x_3} = 0,$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{L}{C_p}\Phi + \frac{\partial H_1}{\partial x_1} + \frac{\partial H_2}{\partial x_2} + \frac{\partial H_3}{\partial x_3} + J_\theta,$$

$$\frac{dq}{dt} = -\Phi + \frac{\partial P_1}{\partial x_1} + \frac{\partial P_2}{\partial x_2} + \frac{\partial P_3}{\partial x_3} + J_q,$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{\partial C_1}{\partial x_1} + \frac{\partial C_2}{\partial x_2} + \frac{\partial C_3}{\partial x_3} + J_c,$$

где u_i – компоненты скорости; t – время; p – давление; ρ – плотность воздуха; x_i (i = 1, 2, 3) – декартовы координаты (x_3 – вертикальная координата); τ_{ij} – тензор напряжения при турбулентных процессах; g – удельная влажность; β – коэффициент объемного теплового расширения; θ – температура, отсчитываемая от среднего значения $\bar{\theta}$; L – скрытая теплота конденсации (или сублимации); c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении; Φ – скорость формирования жидкой фазы; J_θ, J_q, J_c – искусственные источники тепла, влажности и загрязненных примесей; C – объемная концентрация примеси.

Величины H_i, P_i, C_i являются расчетными, и их значения вычисляются согласно выражениям, приведенным в работе [3].

Учитывая сравнительно небольшие размеры расчетной области и отсутствие подходящего набора фактических данных, при проведении числовых экспериментов в качестве начальных можно задать условия: $u_1 = u_2 = u_3 = \theta = q = c = 0$ при $t = t_0$. Граничные условия принимаются согласно работе [3].

На основе изложенного разработана система контроля микроклимата производственного модульного бокса, которая включает в себя контроль и регулирование параметров работы приточной вентиляции для подачи и очистки воздуха, а также управление воздушным отоплением бокса.

Блок-схема разработанной системы представлена на рис. 1.

Система контроля микроклимата состоит из блока управления *3*; пульта управления *2*; датчиков температуры помещения *7*, вентиля-

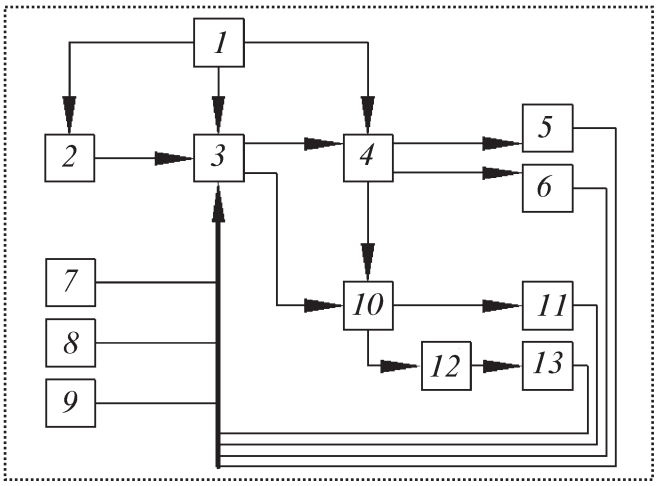


Рис. 1. Блок-схема системы контроля микроклимата

ционного канала *8* и внешней среды *9*; электронагревателя воздуха *4*; датчиков защиты электронагревателя от перегрева на 60 °С *5* и 90 °С *6*; вентилятора *10*; датчика перепада давления на вентиляторе *11*; HEPA фильтра *12*; датчика перепада давления на фильтре *13*; блока питания *1*.

Система работает следующим образом. Блок питания *1* обеспечивает питанием все элементы системы. Вентилятор *10* нагнетает внешний воздух в бокс через HEPA фильтр *12*, который очищает воздух. Блок управления через определенные интервалы времени опрашивает датчик перепада давления на вентиляторе *11*, который сравнивает разность давления до вентилятора и после него. В случае падения более строго заданной величины давления блок управления *3* дает команду на остановку работы системы и подает предупреждающие сигналы о неисправности вентилятора на пульт управления *2*. Таким образом контролируется поток воздуха, который нагнетается вентилятором. Степень засоренности HEPA фильтра *12* контролируется аналогичным образом, с помощью датчика перепада давления на фильтре *13* [4].

Система очистки приточного воздуха обеспечивает постоянный автоматизированный контроль процесса вентиляции помещения и степень засоренности воздушного фильтра (одного или нескольких). Засоренность воздушного фильтра напрямую влияет на степень чистоты производственного помещения. Для того чтобы исключить инфильтрацию воздуха в чистый бокс из соседних помещений, с более низким классом чистоты, системой предполагается создание избыточного давления внутри бокса. Это достигается путем подачи в бокс большого количества воздуха с определенной скоростью. Возможно использование системы и в том случае, когда необходимо создавать разность давления в нескольких чистых помещениях.

В основном производственном помещении, где выполняются прецизионная сборка и регулирование гироприборов, необходимо устанавливать и контролировать класс чистоты 6 ISO. В то же время, технологическим процессом предполагается использование еще одного помещения, с меньшим классом чистоты – 8 ISO, для выполнения доводочных операций. Также дополнительно предполагается использование шлюза (тамбура) между основным помещением класса чистоты 6 ISO и вспомогательным помещением класса 8 ISO, в котором также необходимо поддерживать класс чистоты на уровне 9 ISO. В таком случае система обеспечивает необходимые перепады давления (воздушные подпоры) в каждом из помещений.

Подогрев приточного воздуха в боксе обеспечивается электронагревателем *4*. На протяжении определенного интервала времени блок управления *3* опрашивает датчик внешней среды *9*, установленный до вентилятора *10*, датчик температуры канала *8*, установленный после вентилятора и нагревателя *4*, и датчик температуры, установленный в помещении *7*. Нагрев приточного воздуха происходит до тех пор, пока температура в помещении (боксе) не сравняется с температурой, заданной технологическим процессом сборки с отклонением не более ± 0,1 °С [6]. Скорость нагрева воздуха зависит от разницы температур на датчиках *8* и *9*. Датчик *8* дополнительно выполняет функцию защиты электронагревателя *4* от перегрева. В случае превышения электронагревателем *4* критической температуры выполняется автоматическое выключение нагрева воздуха с соответствующей сигнализацией на пульт управления *2*. Для надежности системы электронагреватель *4* также оснащен двумя биметаллическими датчиками защиты от перегрева *5* и *6*, которые работают автономно от блока управления *3* и могут выключить нагрев в случае выхода из строя блока управления *3*. Настройка работы и мониторинг системы производятся с помощью пульта управления *2*.

Для подтверждения теоретических расчетов была создана экспериментальная установка, которая представляет собой цифровую инфор-

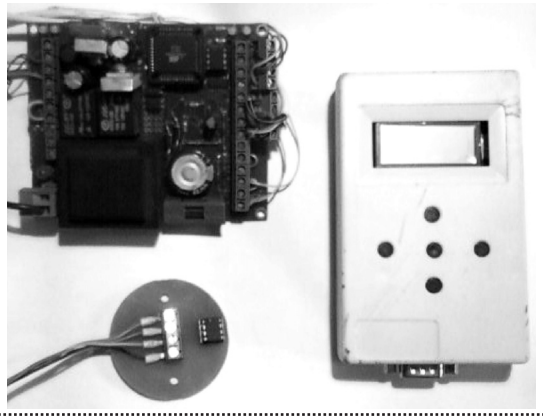


Рис. 2. Внешний вид системы контроля микроклимата

мационно-измерительную систему контроля микроклимата сборочного производственного модульного бокса, построенную на базе микроконтроллера AT89C55 фирмы ATMEL (рис. 2).

Для производственного помещения объемом 50 м^3 система обеспечивает следующие параметры:

- перепад давления между чистым и другими помещениями – 20 Па;
- кратность воздушного обмена – 20 ч$^{-1}$;
- приток воздуха:
- инфильтрация – 0 м^3/ч,
- принудительный поток – 1 100 м^3/ч;
- вытяжка воздуха:
- эксфильтрация – 100 м^3/ч,
- общеобменная – 1 000 м^3/ч;
- общий баланс воздухообмена – 1 100 м^3/ч;
- скорость потока воздуха – 0,2...0,5 м/с.

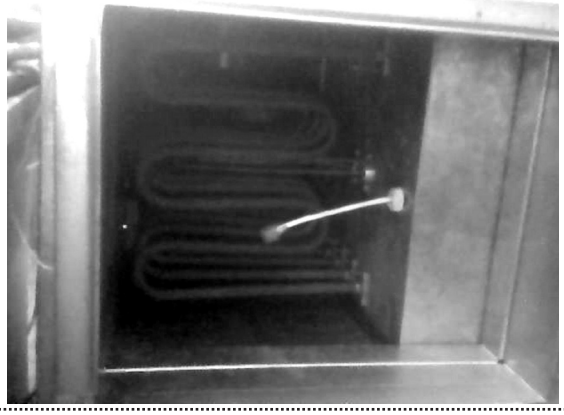


Рис. 3. Электронагреватель с аварийными датчиками температуры и датчиком температуры в вентиляционном канале

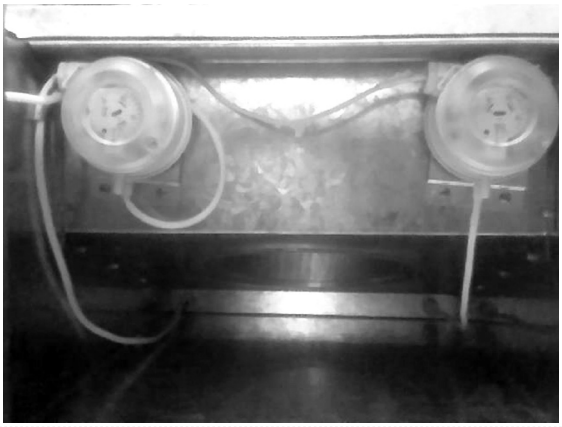


Рис. 4. Датчики перепада давления, установленные в системе приточной вентиляции

Монтаж системы возможен непосредственно в приточной вентиляции сборочного бокса. Через специальные клеммные колодки система соединяется с вентиляционным оборудованием. Составные части установленной системы представлены на рис. 3 и 4.

Эффективность предложенной системы достигается при условии организации вентиляционных каналов сборочного бокса таким образом, что обеспечивается ламинарный поток воздуха в производственном помещении. В случае соблюдения указанных требований данная система обеспечивает чистоту производственного помещения в соответствии с классом чистоты 6 ISO, что обеспечивает технические условия проведения прецизионных операций сборки и регулирования гироскопических приборов и систем.

Вывод

Разработанная система контроля микроклимата сборочного модульного бокса обеспечивает контроль параметров микроклимата, а именно: температуру воздуха, перепад давления между чистым и другими помещениями, кратность воздушного обмена, баланс воздухообмена, скорость потока воздуха. Контроль микроклимата в боксе обеспечивает возможность создания в производственном помещении специальной технологической среды, необходимой для проведения операций сборки и регулирования прецизионных приборов, согласно классу чистоты до 6 ISO, что га-

рантирует выпуск качественной и надежной продукции.

Библиографический список

1. **Заярный В.П., Волков И.В., Шилин А.Н.** Автоматизированная стабилизация температуры на измерительных участках сборочных цехов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 6. С. 3–6.

2. **Гироскопические** системы, ч. III. Элементы гироскопических приборов / А.Е. Никитин, С.А. Шестов, В.А. Матвеев; под ред. Д.С. Пельпора. М.: Высшая школа, 1972. 472 с.

3. **Описание** пакета прикладных программ для моделирования микроклимата внутри помещений / С.Р. Сарманаев, Б.М. Десятков, А.И. Бородулин, А.А. Ярыгин // Сибирский журнал индустриальной математики. 2003. Т. VI. № 4(16). С. 94–110.

4. **Патент № 55401** Україна, МПК F 24 F 11/08. Спосіб очищення приточного повітря в системах вентиляції / В.С. Антонюк, Ю.Г. Мережаний, М.О. Демченко, С.М. Матвієнко. № 201007542; заявл. 16.06.2010; опубл. 10.12.2011. Бюл. № 23.

5. **Преимущества** использования модульных чистых помещений в авиакосмической промышленности / Ю.Г. Мережаный, В.С. Антонюк // Сборник трудов 3-й междунар. научно-техн. конф. "Модернизация машиностроительного комплекса России на научных основах технологии машиностроения (ТМ-2011)". Брянск: Десяточка, 2011. С. 209–210.

6. **Пособие** по проектированию автоматизированных систем управления микроклиматом производственных зданий / Пособие к СНиП 2.04.05–91 // Государственный таможенный комитет РФ ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1989. 216 с.

7. **Чистые** помещения / А.А. Абрамов, А.Е. Федотов, Г.Г. Шихт и др.; под ред. А.Е. Федотова. 2-е изд. М.: АСИНКОМ, 2003. 576 с.

8. **Cleanrooms** and associated controlled environments – part 1: classification of air cleanliness. (ISO 14644-1, IDT): ISO 14644-1:1999. (Действительный от 01.05.1999.) Usainfo.com.: copyrighted material licensed to nasa, 1999.

Белорусский национальный технический университет,
Государственное научно-производственное объединение "Центр"
проводят 11 апреля 2012 г. Международную научно-практическую конференцию "ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАТРОНИКА В МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИИ".

Организаторами конференции выступают Государственный комитет по науке и технологиям, Министерство промышленности, Министерство образования, Национальная академия наук, Белорусский национальный технический университет, Государственное научно-производственное объединение "Центр" и выставочная компания "МинскЭкспо".

Тематика конференции:

- ✦ автоматизация технологических процессов и производств;
- ✦ автоматизация систем проектирования;
- ✦ промышленные роботы и мехатроника;
- ✦ сварка и родственные процессы;
- ✦ процессы механической обработки материалов и сборки машин;
- ✦ САПР в технологиях машино- и приборостроении;
- ✦ высокоэнергетические технологии получения и обработки материалов;
- ✦ инженерия поверхности.

Тезисы докладов в срок до 1 марта 2012 г. просьба направлять по адресу оргкомитета семинара: 220013, Минск, пр-т Независимости, 65, БНТУ, кор. 11а, к. 223, кафедра "Робототехнические системы", тел.: (8-017) 293-93-12, e-mail: rts@bntu.by.

Контактное лицо: ***Здор Геннадий Николаевич,*** **тел.: (8-029) 573-84-92, раб. тел.: (8-017) 293-95-51.**

Условные обозначения покрытых электродов

Условное обозначение покрытых электродов для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в соответствии с ISO 2560

Обозначение электрода	Механические свойства наплавленного металла			Минимальная температура обеспечения (KCV=28 Дж/см^2)
	$\sigma_в$	δ_{min}		
	МПа	индекс	%	°C
E430	430...510	0	Не регламентируются	
E431	430...510	1	20	+20
E432	»	2	22	0
E433	»	3	24	–20
E434	»	4	24	–30
E435	»	5	24	–40
E510	510...610	0	Не регламентируются	
E511	510...610	1	18	+20
E512	»	2	18	0
E513	»	3	20	–20
E514	»	4	20	–30
E515	»	5	20	–40

Вид покрытия
A — кислый
AR — рутило-кислый
B — основной
C — целлюлозный
O — окислительный
R — рутиловый (средняя толщина)
RR — рутиловый (большая толщина)
S — прочие виды

H — содержит водорода в наплавленном металле менее 15 мл/100 г

E432	RR	160	4	6	H15

Производительность (переход металла в шов)	
Индекс	*K*, %
110	105...115
120	115...125
130	125...135
140	135...145
150	145...155
160	155...165
170	165...175
180	175...185
190	185...195
200	195...205

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное и вертикальное
4	Нижнее (стыковое и валиковые швы)
5	То же, что и «3», и вертикальное сверху вниз

Индекс	Полярность постоянного тока	$U_{х.х}$ источника питания, В
0	Обратная (+)	—
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

Условное обозначение покрытых электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей в соответствии с ISO 3580

Символ	Содержание элементов, %					
	C*	Si	Mn	Cr	Mo	Прочие элементы
	не более					
Mo	0,12	0,8	1,5	—	0,4...0,7	—
05CrMo	0,12	0,8	1,5	0,3...0,8	0,4...0,7	—
05CrMoV	0,12	0,8	1,5	0,3...0,6	0,8...1,2	V 0,25...0,60
1CrMo	0,12	0,8	1,5	0,8...1,5	0,4...0,4	—
1CrMoV	0,12	0,8	1,5	0,9...1,3	0,4...0,7	V 0,10...0,35
2CrMo	0,12	0,8	1,5	2,0...2,6	0,9...1,3	—
5CrMo	0,12	0,9	1,5	4,0...6,0	0,4...0,7	—
5CrMoV	0,12	0,9	1,5	4,0...6,0	0,4...0,7	V 0,10...0,35
9CrMo	0,12	0,9	1,5	8,0...10,0	0,9...1,2	—
12CrMoV	0,15...0,22	0,8	1,5	11,0...13,0	0,8...1,2	V 0,2...0,4 W 0,4...0,6

* При содержании углерода в наплавленном металле не более 0,05% к символу добавляется индекс L

Вид покрытия
A — кислый
AR — рутило-кислый
B — основной
C — целлюлозный
O — окислительный
R — рутиловый (средняя толщина)
RR — рутиловый (большая толщина)
S — прочие виды

E5CrMoV	B	2	0

Индекс	Положение швов при сварке
1	Все положения
2	Все, кроме вертикального сверху вниз
3	Нижнее, горизонтальное и вертикальное
4	Нижнее (стыковое и валиковые швы)
5	То же, что и «3», и вертикальное сверху вниз

Индекс	Полярность постоянного тока	$U_{х.х}$ источника питания, В
0	Обратная (+)	—
1	Любая (+/–)	50
2	Прямая (–)	50
3	Обратная (+)	50
4	Любая (+/–)	70
5	Прямая (–)	70
6	Обратная (+)	70
7	Любая (+/–)	90
8	Прямая (–)	90
9	Обратная (+)	90

75 лет Алексею Алексеевичу Гусеву

22 февраля исполняется 75 лет почетному работнику высшего образования РФ, почетному деятелю науки и техники г. Москвы, доктору технических наук, профессору кафедры "Технология машиностроения" Московского государственного технологического университета "Станкин" Гусеву Алексею Алексеевичу.

Алексей Алексеевич Гусев широко известен как основоположник и создатель научной школы по автоматизации сборочных производств, достижения которой признаны и успешно используются во многих промышленно развитых странах мира. Высокопрофессиональные теоретические и практические решения в области автоматизации мелко- и среднесерийных производств впервые изложены профессором, доктором технических наук, Гусевым Алексеем Алексеевичем в 375 научных трудах, изданных в нашей стране и за рубежом. В их числе 24 пионерских патента, полученных в США, Японии, Великобритании, Германии, Франции и нашей стране, посвященных автоматизации серийной сборки изделий, принципиально новым самопереналаживающимся автоматическим сборочным, адаптивным устройствам, эффективно используемым на отечественных и зарубежных машиностроительных предприятиях. Им впервые предложены адаптивные средства для достижения точности при сборке и управлении режимами сборочных процессов, без которых невозможно существование современных сборочных роботов и другого сборочного оборудования.

Профессор А.А. Гусев – автор 30 монографий, в их числе два издания "Машиностроение. Энциклопедия. Том III-5.", "Технология сборки в машиностроении" (автор около 30 авторских листов и научный редактор разделов 2 и 3), "Адаптивные устройства сборочных машин", "Автоматизация сборки зубчатых передач", "Расчет норм точности автоматических сборочных машин", "Автоматизация и механизация сборочных процессов (в мелкосерийном и серийном производствах)", "Научные основы автоматизации сборки машин".

Научные труды проф. А.А. Гусева послужили основой для разработки отраслевых руководящих технических материалов для проектных организаций и предприятий машино- и приборостроения, а также для подготовки справочно-энциклопедических изданий "Качество машин" в двух томах, двух изданий "Энциклопедического справочника машиностроения" ЭСМ и др. Огромный личный опыт, достижения в науке и современном мировом производстве позволили проф. А.А. Гусеву успешно изложить их в известных учебниках для вузов: "Технология машиностроения", "Проектирование технологий", "Проектирование технологий автоматизированного машиностроения",

"Проектирование станочных систем", "Основные принципы построения гибких сборочных систем", "Технологическая оснастка". Методически доходчивое изложение передового мирового опыта в материалах учебников проф. А.А. Гусева способствует воспитанию у студентов творческого отношения к профессии. Активная научная позиция проф. А.А. Гусева способствовала созданию научной школы.

В 1980–1982 гг. группа, возглавляемая доктором технических наук А.А. Гусевым, впервые разработала и в широких масштабах внедрила в условиях станкостроения автоматизированное проектирование сборочных процессов и технологической оснастки.

В 1987–1988 гг. совместно с МКТБ им спроектированы и изготовлены три автоматические сборочные линии для серийного производства.

В 1999–2000 гг. по заданию ЗАО "ЕСМА" и под руководством проф. А.А. Гусева спроектированы два автоматизированных завода по производству четырех типоразмеров высокоэффективных аккумуляторов для России и США.

Только за последние пять лет проф. А.А. Гусев в соответствии с заданием правительства нашей страны участвует в модернизации ОАО "Электромашина" в г. Челябинск (с 2010 по 2015 г.); руководит реконструкцией сборочных производств, где впервые в практике машиностроения нашей страны осуществлен перевод мелкосерийного производства электростартеров и электродвигателей на поточное изготовление изделий. Решен и ряд других проблем по повышению качества изделий: рекомендовано применение универсальных адаптивных автоматических сборочных устройств, разработанных в МГТУ "Станкин", по запрессовке разнообразных типоразмеров подшипников на роторы и в крышки электромашин, а также по эффективной борьбе со стружкой при их изготовлении, исключающих электрозамыкания в изделиях при их испытаниях и в процессе эксплуатации. Рекомендован также ряд мероприятий по проблеме балансировки роторов. Осуществлено рациональное размещение оборудования и планировка сборочных производств на этом предприятии.

В 2009–2011 гг. выполнен гранд по теме: "Адаптивное оборудование и технологическая оснастка" – четвертый гранд, выигранный коллективом с участием работников научной школы А.А. Гусева.

Совместно с доцентом кандидатом технических наук И.А. Гусевой завершена огромная научная работа по созданию системы универсальной технологической оснастки для серийной многономенклатурной сборки изделий.

Система, состоящая из ограниченного числа технологической оснастки – 10 наименований, обеспечивает снижение трудоемкости сборки изделий в машиностроении передовых промышленно развитых стран мира вдвое, т.е. с 30 % от общей трудоемкости изготовления изделий до 15 %. Универсальное самоподнастраивающееся высокоточное приспособление может быть также использовано для изготовления широкого диапазона размеров разнообразных корпусных деталей, стаканов и крышек на большинстве технологических операций, что существенно снижает затраты на производство деталей и на их изготовление.

В 2007 г. вышел учебник "Технологическая оснастка", где впервые по-новому разработан ряд разделов дисциплины и даны новые методы расчета с учетом проектирования технологической оснастки в условиях работы малых предприятий.

Творческая 54-летняя работа А.А. Гусева многогранна: заведование кафедрой "Автоматизация сборочных производств" в МГТУ "Станкин", руководство и участие в рамках межправительственного соглашения

по программе научно-технического сотрудничества в области робототехники между учеными Академии наук СССР и ГДР и Минвузов СССР и ГДР (1982–1990 гг.), руководство грантами по направлению "Сборочное производство" (1995–1996 гг.), участие в качестве научного редактора реферативного журнала "Технология машиностроения" ВИНИТИ АН РФ с 1990 г., член редакционных советов журналов "Автоматизация и современная технология" (с 1978 г. "Сборка в машиностроении, приборостроении" (с начала организации – 2000 г.). С 1979 г. проф. А.А. Гусев постоянно активно участвует в работе специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций, руководит семинарами и участвует в конференциях по автоматизации сборочных производств.

Активная научная позиция проф. А.А. Гусева способствовала созданию научной школы, в составе которой 10 докторантов и свыше 40 кандидатов технических наук. Он лично подготовил 6 докторов и 16 кандидатов технических наук, сотни инженеров и магистров.

Неустанная творческая деятельность Алексея Алексеевича Гусева отмечена четырьмя медалями России и 20 почетными грамотами. А.А. Гусев занесен в книгу США "Man of the year 2011" и ему присуждена золотая медаль: "Gold medal" за верность науке. Значительно раньше А.А. Гусев был признан крупным ученым-технологом в Германии.

Весь коллектив МГТУ "Станкин" и Редакционный совет журнала сердечно поздравляют Алексея Алексеевича Гусева и желают ему здоровья и дальнейших творческих успехов в научной и педагогической деятельности.

ООО "Издательство **Машиностроение**", 107076, Москва, Стромынский пер., 4
Учредитель ООО "Издательство **Машиностроение**".
Адрес электронной почты издательства: **mashpubl@mashin.ru**;
редакции журнала: **sborka@mashin.ru, http://www.mashin.ru**
Телефон редакции журнала: (499) 268-38-42; тел./факс (499) 268-85-26; факс 269-48-97.
Технический редактор *Жиркина С.А.* Корректоры *Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.*
Сдано в набор 08.12.11 г. Подписано в печать 06.02.12 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,77. Заказ 49. Свободная цена.
Оригинал-макет и электронная версия подготовлены в ООО "Издательство Машиностроение".
Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, д. 15.