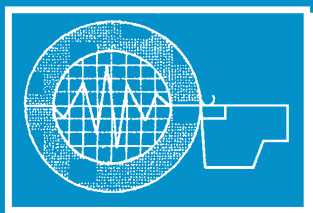


ИЗВЕСТИЯ

Волгоградского
государственного
технического
университета

ISSN 1990-5297



Серия
Прогрессивные технологии
в машиностроении

16+

№ 1 (284)
2024

Главный редактор научного журнала
«Известия Волгоградского государственного технического университета»
академик РАН, профессор, доктор химических наук,
президент Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ)
И. А. НОВАКОВ

Редакционная коллегия:

Байбурин В. Б., д-р физ.-мат. наук, проф., академик РАЕН, засл. деятель науки РФ,
Саратовский государственный технический университет (г. Саратов, Россия)
Безъязычный В. Ф., д-р техн. наук, проф.,
Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьева (г. Рыбинск, Россия)
Бодров В. Н., д-р, проф., Университет прикладных наук (г. Берлин, Германия)
Бребельс А., PhD, доцент факультета инженерных наук университета г. Левена (г. Левен, Бельгия)
Буренин А. А., чл.-корр. РАН, Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН
(г. Комсомольск-на-Амуре, Россия)
Голованчиков А. Б., д-р. техн. наук, проф. ВолгГТУ
Гринберг Б. А., д-р физ.-мат. наук, Институт физики металлов УрО РАН (г. Екатеринбург, Россия)
Гуревич Л. М., д-р техн. наук, доц. ВолгГТУ
Добрушин Л. Д., д-р техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (г. Киев, Украина)
Злотин С. Г., д-р хим. наук, проф., Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН (г. Москва, Россия)
Иванов А. М., д-р техн. наук, проф.,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ, г. Москва, Россия)
Иващенко Н. А., д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ, МГТУ им. Н. Э. Баумана (г. Москва, Россия)
Королев А. В., д-р техн. наук, проф., Саратовский государственный технический университет (г. Саратов, Россия)
Кузьмин С. В., д-р техн. наук, проф. ВолгГТУ
Кураев А. А., д-р физ.-мат. наук, проф., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(БГУИР, г. Минск, Республика Беларусь)
Лысак В. И., академик РАН, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф. ВолгГТУ
Марков В. А., д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет
(МГТУ) им. Н. Э. Баумана (г. Москва, Россия)
Мертен Клеменс, д-р техн. наук, проф. Universität Stuttgart Institut für Chemische Verfahrenstechnik
(г. Штутгарт, Германия)
Навроцкий А. В., д-р хим. наук, проф. ВолгГТУ
Нижегородцев Р. М., д-р экон. наук, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН (г. Москва, Россия)
Пай В. В., д-р физ.-мат. наук, Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (г. Новосибирск, Россия)
Пустовойт В. Н., д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ, Донской государственный технический университет
(г. Ростов-на-Дону, Россия)
Русинов В. Л., чл.-корр. РАН, Химико-технологический институт Уральского федерального университета
(ХТИ УрФУ, г. Екатеринбург, Россия)
Рыбин В. В., чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Санкт-Петербургский политехнический университет (г. Санкт-Петербург, Россия)
Трюэль Жан-Луи, д-р экон. наук, проф., Университет «Париж-12», Сорбонна, Франция,
вице-президент Международного клуба экономистов «Круг Кондратьева»
Тхай Куанг Винь, д-р философии, Институт информационных технологий (г. Ханой, Вьетнам)
Федянов Е. А., д-р техн. наук, проф. ВолгГТУ
Фролов В. А., д-р техн. наук, проф., МАТИ – Российский государственный технологический университет
им. К. Э. Циолковского (г. Москва, Россия)
Шарилов В. М., д-р техн. наук, проф.,
Московский государственный технический университет (МАМИ, г. Москва, Россия)
Шаховская Л. С., д-р экон. наук, проф. ВолгГТУ
Щербаков М. В., д-р техн. наук, проф. ВолгГТУ

Серия
«ПРОГРЕССИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ»

ИЗВЕСТИЯ



ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Председатель

Чигиринский Ю. Л., д.т.н., доц.

Сердобинцев Ю. П., д.т.н., проф.
(зам. председателя)

Безъязычный В. Ф., д.т.н. проф.
(РГАТУ им. П. А. Соловьева,
г. Рыбинск)

Схиртладзе А. Г., д.т.н. проф.
(МГТУ «СТАНКИН», г. Москва)

Бржозовский Б. М., д.т.н. проф.
(ИМАШ РАН, г. Москва)

Королев А. В., д.т.н. проф.
(СГТУ, г. Саратов)

Шумячер В. М., д.т.н., проф.
(ВПИ, филиал ВолгГТУ,
г. Волжский)

Сидякин Ю. И., д.т.н., проф.

Благовецкая М. М., д.т.н., проф.
проректор (МГУПБ, г. Москва)

Пашков Е. В., д.т.н., проф. советник
ректора (СевГУ, г. Севастополь)

Попов В. И., д.т.н., проф.
(МГУПБ, г. Москва)

Сердобинцев С. П., д.т.н., проф.
(КТУ, г. Калининград)

Плотников А. Л., д.т.н., проф.

Тихонова Ж. С., к. т. н.
(ответственный секретарь)

Тел. 8-927-504-27-54

Международный индекс журнала
ISSN 1990-5297.

Журнал распространяется
по подписке.
Индекс журнала
по объединенному каталогу
«Пресса России» – 80811
https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/y_e80811/

Тел. издательства ВолгГТУ:

8-(8442) 24-84-05

8-(8442) 24-84-08

zavrio@vstu.ru

Научный журнал
Издается с января 2004 г.
Выходит двенадцать раз в год

№ 1 (284)
Январь
2024

УЧРЕДИТЕЛЬ:

ФГБОУ высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет»

Адрес редакции:

Волгоград, пр. В. И. Ленина, 28.

Телефон: гл. редактор – (8442) 24-80-00

E-mail: president@vstu.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-61113 от 19 марта 2015 г.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

**Авторское право на журнал в целом принадлежит Учредителю,
на отдельные статьи – сохраняется за автором**

Перепечатка из журнала «Известия Волгоградского государственного технического
университета» категорически запрещена без оформления договора
в соответствии с действующим законодательством РФ

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Известия Волгоградского
государственного технического университета» обязательна

Head Editor of the scientific journal "Izvestiya VSTU":

Novakov I. A. – Academician of RAS, Prof., Doctor of Chemistry, President of VSTU

Editorial board:

Baiburin V. B., D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Prof., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)

Bezyazychny V. F., D. Sc. (Engineering), Prof., Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solov'yov (Rybinsk, Russia)

Bodrov V. N., D. Sc., Prof., University of Applied Sciences (Berlin, Germany)

Brebels A., PhD, Associate Prof., Faculty of Engineering Science of University of Leuven (Leuven, Belgium)

Burenin A. A., Corresponding Member of RAS, Institute of Machinery and Metallurgy of the FEB RAS (Komsomolsk-on-Amur, Russia)

Golovanchikov A. B., D. Sc. (Engineering), Prof. of VSTU

Grinberg B. A., D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Institute of Metal Physics, Ural Division of RAS (Ekaterinburg, Russia)

Gurevich L. M., D. Sc. (Engineering), Associate Prof. of VSTU

Dobrushin L. D., D. Sc. (Engineering), E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kiev, Ukraine)

Zlotin S. G., D. Sc. (Chemistry), Prof., N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Ivanov A. M., D. Sc. (Engineering), Prof., Moscow Automobile and Road Construction University (MADI) (Moscow, Russia)

Ivashchenko N. A., D. Sc. (Engineering), Prof., Honored Scientist of the Russian Federation, Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)

Korolev A. V., D. Sc., Prof., State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)

Kuzmin S.V., D. Sc. (Engineering), Prof. of VSTU

Kurayev A. A., D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Prof., Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (BSUIR) (Minsk, Republic of Belarus)

Lysak V. I., Academician of RAS, Honored Scientist of the Russian Federation, D. Sc. (Engineering), Prof. of VSTU

Markov V. A., D. Sc. (Engineering), Prof., Bauman Moscow State Technical University (Moscow, Russia)

Merten K., D. Sc. (Engineering), Prof., Institute of Chemical Process Engineering (Stuttgart, Germany)

Navrotsky A. V., D. Sc. (Chemistry), Prof. of VSTU

Nizhegorodtsev R. M., D. Sc. (Economy), Chief research worker, Institute of Control Sciences V. A. Trapeznikov Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Pai V. V., D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Lavrentyev Institute of Hydrodynamics of SB RAS (Novosibirsk, Russia)

Pustovoyt V. N., D. Sc. (Engineering), Prof., Honored Scientist of the Russian Federation, Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russia)

Rusinov V. L., Corresponding Member of RAS, Institute of Chemical Technology of Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia)

Rybin V. V., Corresponding Member of RAS, D. Sc. (Physical and Mathematical Sciences), Prof., St. Petersburg Polytechnic University (St.Petersburg, Russia)

Thai Quang Vinh, D. Sc. (Philosophy), Institute of Information Technology (Hanoi, Vietnam)

Truel J.-L., D. Sc. (Economy), Prof., University Paris Est Créteil, Sorbonne, France, Vice-president of International economists club "Kondratiev Circle"

Fedyanov E. A., D. Sc. (Engineering), Prof. of VSTU

Frolov V.A., D. Sc. (Engineering), Prof., "MATI Russian State Technological University named after K.E. Tsiolkovsky" (Moscow, Russia)

Sharipov V. M., D. Sc. (Engineering), Prof., Moscow State Technical University "MAMI" (Moscow, Russia)

Shakhovskaya L. S., D. Sc. (Economy), Prof. of VSTU

Shcherbakov M. V., D. Sc. (Engineering), Prof. VSTU

SERIES
«ADVANCED
TECHNOLOGY IN
MACHINE BUILDING»

IZVESTIA



VOLGOGRAD STATE TECHNICAL
UNIVERSITY

The Journal is included to the list of peer-reviewed scientific journals and publications of the Higher Attestation Commission (HAC) of the RF for publishing of results of candidates for scientific degrees

Editorial board:

Chairman

Tchigirinsky Ju. L., D. Sc.
(Engineering), Ass. Prof.
Serdobintsev Yu.P., D. Sc.
(Engineering), Prof. (Vice-chairman)
Bez'yazychniy V.F., D. Sc.
(Engineering), Prof. (RSATU
named after P.A. Solovyov, Rybinsk)
Skhirtladze A.G., D. Sc.
(Engineering), Prof.
(MSTU STANKIN, Moscow)
Brzhozovsky B. M., D. Sc.
(IMASH RAN, Moscow)
Korolev A.V., D. Sc., Prof.
(SSTU, Saratov)
Shumyacher V.M., D. Sc.
(Engineering), Prof.,
(VPI of VSTU, Volzhski)
Sidyakin Yu.I., D. Sc. (Engineering), Prof.
Blagoveschenskaya M.M., D. Sc.
(Engineering), Prof., Vice-rector
(MSUFP, Moscow)
Pashkov E.V., D. Sc. (Engineering),
Prof., rector's advisor
(SEVSU, Sevastopol)
Popov V.I., D. Sc. (Engineering),
Prof. (MSUAB, Moscow)
Serdobintsev S.P., D. Sc.
(Engineering), Prof.
(KSTU, Kaliningrad)
Plotnikov A.L., D. Sc. (Engineering), Prof.
Tihonova Zh. S. (executive secretary),
Cand.Sc
Tel. 8-927-504-27-54

International index of the journal
ISSN 1990-5297.

The journal is distributed by sub-
scription.
Index of the magazine according to
the united catalog
«Press of Russia» – 80811.
[https://www.pressa-
rf.ru/cat/1/edition/y_e80811/](https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/y_e80811/)

Tel. Of VSTU editorial office:
8-(8442) 24-84-05
8-(8442) 24-84-08
zavrio@vstu.ru

Scientific journal

Published since January 2004

12 times a year

№ 1 (284) January 2024

FOUNDER:

FSBEI of Higher Professional Education
«Volgograd State Technical University»

Editorial office address:

Volgograd, Lenin avenue, 28.

Tel.: Head Editor – (+7 8442) 24-80-00

E-mail: president@vstu.ru

The journal is registered at the Federal Service on Control in the Sphere of Communication,
IT and Mass Communications (Roscomnadzor)
Registration certificate ПИ № ФС77–61113 of March 19, 2015

Is printed according to the decision of editorial-review board of
Volgograd State Technical University

*The copyright for the journal in general belongs to the Founder,
for separate articles – to authors.*

*Reprint from the journal «Izvestia VSTU» is strongly forbidden without conclusion of an
agreement in accordance with the legislation of the RF
When reprinting the materials, the citation to the journal «Izvestia VSTU» is obligatory*

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Айсин Н. М. 29
Барабанов В. Г. 40, 42
Богомолова Е. А. 11
Бочкарев П. Ю. 22
Буров А. М. 54
Дьяченко Е. А. 32
Жданов А. А. 7
Зинченко В. В. 46
Зубкова А. А. 14
Иванов А. А. 34
Капитанов А. В. 61
Климов В. А. 72
Князькин В. К. 14
Кобцева И. В. 68
Козенко М. Ю. 32
Козловцева Н. В. 46, 61
Козорозов Д. В. 38
Кормилицин С. И. 19
Коробова Н. А. 11
Крайнев Д. В. 25
Крылов Е. Г. 61, 65
Линьков Д. П. 7
Лопушков Д. С. 29
Ляшенко Д. А. 50
Макаров А. М. 29, 32
Макарова Е. А. 40, 42
Марков С. А. 46
Минаева А. Г. 7
Нгуен Тиен Зунг 25
Николаев М. Е. 50, 54
Норченко П. А. 11
Перфилов В. А. 50, 54
Полянчикова М. Ю. 14
Поступаева С. Г. 68
Редько А. Д. 34, 58
Редько М. Д. 58
Сейбель Д. С. 61
Слесарев И. А. 65
Солодков В. А. 19
Стегачев Е. В. 38, 58
Сульженко С. С. 14
Текутов Д. М. 68
Тришин Н. В. 29
Ульянова Л. Д. 22
Федорова Н. В. 72
Фролов Е. М. 7
Чигиринская Н. В. 25
Чигиринский Ю. Л. 25
Чувашин П. Ю. 54
Шостенко С. В. 34
Эджанг Г. Г. 68, 72

СОДЕРЖАНИЕ

Часть 1. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

<i>Жданов А. А., Фролов Е. М., Линьков Д. П., Минаева А. Г.</i> Прогнозирование показателей шероховатости поверхности стальных заготовок при тонком точении с применением СОТС.....	7
<i>Коробова Н. А., Богомолова Е. А., Норченко П. А.</i> Анализ рисков и возможностей на предприятии АО «КАУСТИК».....	11
<i>Полянчикова М. Ю., Зубкова А. А., Сульженко С. С., Князькин В. К.</i> Прогнозирование качества результатов исследования лаборатории на основе анализа стабильности метрологических характеристик медицинского рентгеновского оборудования.....	14
<i>Солодков В. А., Кормилицин С. И.</i> Влияние твердой смазки и толщины покрытия на работоспособность твердосплавного инструмента при прерывистом резании.....	19
<i>Ульянова Л. Д., Бочкарев П. Ю.</i> Группирование по технологическим признакам операций врезного бесцентрового шлифования.....	22
<i>Чигиринский Ю. Л., Крайнев Д. В., Нгуен Тиен Зунг, Чигиринская Н. В.</i> Использование штатной оснастки токарного станка для анализа вибрационного фона процесса резания.....	25

Часть 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>Айсин Н. М., Лопушков Д. С., Тришин Н. В., Макаров А. М.</i> Разработка испытательного учебного стенда для пневматических средств автоматизации.....	29
<i>Дьяченко Е. А., Козенко М. Ю., Макаров А. М.</i> Разработка прототипа 3D-принтера на базе промышленного SCARA-робота.....	32
<i>Иванов А. А., Редько А. Д., Шостенко С. В.</i> Моделирование работы компрессора вблизи границ помпажа и определение параметров антипомпажного регулятора.....	34
<i>Козорозов Д. В., Стегачев Е. В.</i> Разработка автоматизированной системы управления работой ножниц поперечной резки.....	38
<i>Макарова Е. А., Барабанов В. Г.</i> Модернизация упаковочно-фасовочного станка для сыпучих продуктов.....	40
<i>Макарова Е. А., Барабанов В. Г.</i> Разработка программы управления фасовочным автоматом на ПЛК LOGICON.....	42
<i>Марков С. А., Зинченко В. В., Козловцева Н. В.</i> Автоматизированная система управления запасами машиностроительного предприятия.....	46
<i>Николаев М. Е., Перфилов В. А., Ляшенко Д. А.</i> Планирование оптимальных программных движений грузозахватного органа автоматизированного погрузчика.....	50
<i>Николаев М. Е., Перфилов В. А., Буров А. М., Чувашин П. Ю.</i> Обоснование параметров погрузочно-транспортного агрегата с расширенными функциональными возможностями.....	54

<i>Редько М. Д., Редько А. Д., Стегачев Е. В.</i> Разработка схемы учебно-испытательного стенда, моделирующего работу насосной станции.....	58
<i>Сейбель Д. С., Крылов Е. Г., Козловцева Н. В., Капитанов А. В.</i> Автоматизированная система подготовки инструментальных комплектов для обрабатывающего оборудования с ЧПУ.....	61
<i>Слесарев И. А., Крылов Е. Г.</i> Автоматизация неразрушающего контроля стальных труб.....	65
<i>Текутов Д. М., Поступаева С. Г., Эджанг Г. Г., Кобцева И. В.</i> Модернизация системы управления координатно-измерительной машины.....	68
<i>Федорова Н. В., Климов В. А., Эджанг Г. Г.</i> Разработка технического решения новым методом поискового конструирования и системы автоматического контроля температурного режима газоразрядного лазера на углекислом газе.....	72
К сведению авторов.....	76

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.941

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-7-11

А. А. Жданов, Е. М. Фролов, Д. П. Линьков, А. Г. Минаева

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ПРИ ТОНКОМ ТОЧЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОТС

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: alex_128@mail.ru

В работе произведен анализ влияния смазывающе-охлаждающих жидкостей на показатели шероховатости при тонком точении стальных заготовок твердосплавными резцами на станке с ЧПУ путем сравнения экспериментальных данных.

Ключевые слова: термоЭДС, смазывающе-охлаждающие жидкости, СОТС, стойкость инструмента, режимы резания, шероховатость, точение.

A. A. Zhdanov, E. M. Frolov, D. P. Linkov, A. G. Minaeva

PREDICTION OF SURFACE ROUGHNESS INDICATORS OF STEEL BILLETS DURING FINE TURNING USING SOTS

Volgograd State Technical University

The work analyzed the influence of cutting fluids on roughness indicators during fine turning of steel workpieces with carbide cutters on a CNC machine by comparing experimental data.

Keywords: thermoEMF, lubricating and cooling fluids, COTS, tool life, cutting conditions, roughness, turning.

Применение смазочно-охлаждающих технических средств (СОТС) в процессе резания на станках с числовым программным управлением играет важную роль, обеспечивая не только эффективное охлаждение режущего инструмента, но и способствуя удалению стружки из зоны обработки во избежание ее наматывания или скопления на рабочих органах станка. Это особенно актуально в условиях многостаночного обслуживания и при использовании высокоскоростных режимов резания твердосплавным инструментом. Кроме того, использование СОТС положительно влияет на качество обработанной поверхности, снижает износ инструмента и затраты энергии, а также предотвращает образование трещин в твердосплавных пластинах, продлевая срок службы инструмента. В целом, применение СОТС в технологическом процессе обработки материалов на станках с ЧПУ является необходимым условием для обеспечения высокой точности, произ-

водительности и экономической эффективности производства [1].

Ключевой проблемой, показывающей влияние смазывающих-охлаждающих жидкостей является отсутствие рекомендуемой литературы (справочника), отсутствием адекватных рекомендаций и математических моделей расчета и прогнозирования параметров шероховатости для токарной обработки с СОТС.

Целью исследования является анализ и проверка возможности применения известной методики прогнозирования параметров шероховатости поверхности (R_a , R_z) при токарной обработке твердосплавными резцами стальных заготовок с применением СОТС и без нее.

Для проведения экспериментальной части использовалась экспериментальная установка на базе токарно-револьверного станка с ЧПУ GENOS OKUMA – L300M (рис. 1). Станок оснащен прототипом устройства для автоматизированного назначения режимов обработки.

Для автоматизации процесса измерения термоЭДС и корректировки режимов резания был использован прототип устройства который состоит из следующих компонентов: микро-

контроллера ArduinoNano, платы расширения, модуля аналогово-цифрового преобразователя, платы преобразователя сигналов, источника питания; интерфейсного кабеля.



Рис. 1. Токарно-револьверный станок с ЧПУ GENOS OKUMA – L300M

Микроконтроллер (рис. 2) подключается к плате расширения, куда присоединяется модуль аналогово-цифрового преобразователя, формирующий цепь для измерения ЭДС резания, а также модуль преобразователя сигналов

на базе микросхемы MAX3232 для конвертирования уровня сигналов, толерантных микроконтроллера, в сигналы, обрабатываемые станком. Для соединения станка и устройства используется интерфейсный кабель [2].

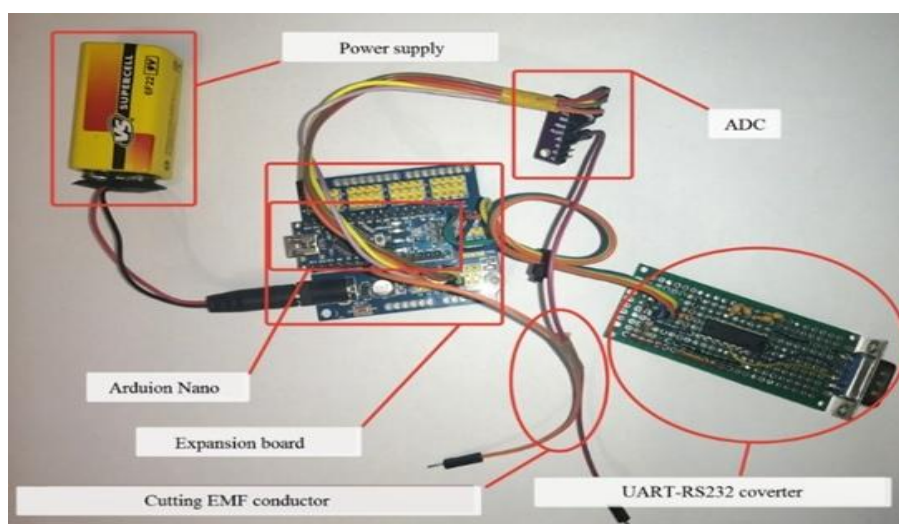


Рис. 2. Схема устройства для автоматизированного назначения режимов обработки на токарном станке с ЧПУ GENOS OKUMA– L300M

Тарировка пластин прошла по следующему алгоритму:

1. Нумерация пластин и поверхностей каждой пластины.

2. Измерение значения термоЭДС на каждой поверхности каждой пластины при одинаковых параметрах резания (Скорость резания $v = 150$ м/мин; 175 м/мин; 200м/мин. Подача

$S = 0,05; 0,09; 0,14$ мм/об. Глубина $t = 0,1$ мм.). Результаты измерений сохраняются в виде текстовых файлов (устройство для автоматизированного выбора параметров обработки позволяет измерять значение термоЭДС и сохранять результаты измерений).

3. Анализ результатов измерений (определение значения стабильного сигнала термоэлектродвижущей силы для каждой поверхности каждой пластины, установление диапазона изменений термоэлектродвижущей силы между поверхностями и пластинами, упорядочивание пластин по величине термоэлектродвижущей силы).

4. Выбор пластин для изучения по граничным точкам диапазона термоэлектродвижущей силы (минимум, максимум, среднее значение диапазона).

Для дальнейших исследований после процедуры тарировки передаются пластины, которые имеют только порядковый номер граней и пластин.

В качестве обрабатываемого материала был выбран материал – сталь 40X. Заготовка – прокат.

Таблица 1

Матрица экспериментов для построения регрессионных моделей зависимости параметров шероховатости

№	Факторы	
	v , м/мин	S , мм/об
1	150	0,05
2	175	0,09
3	200	0,14

Производилась обработка в режиме тонкого точения, при этом осуществлялся перебор выбранных факторов (скорости резания, подачи, термоЭДС), чтобы получить 27 точек для построения регрессионных моделей для случаев обработки с СОЖ и без СОЖ.

Материал пластин: VNMG 160404-SF. Форма: ромбовидная.

Параметры шероховатости производилось с использованием профилометра MITUTOYO SJ-210 (рис. 3).



Рис. 3. Профилометр MITUTOYO SJ-210

В результате экспериментальных исследований были получены результаты измерений параметра шероховатости R_a , R_z при тонком продольном точении с СОЖ и без СОЖ.

Таблица 2

Анализ значимости факторов при построении регрессионных моделей: линейной, степенной, показательной – для случая обработки с СОЖ

Модель		Значимость факторов (норм. регрессия)			
		Φ_0	$E_{пр}$, мВ	V , м/мин	S , мм/об
1	Линейная, все факторы	-0,309	2,149	0,047	0,438
2	Линейная, значимые факторы	-0,309	2,149	0,047	0,438
3	Степенная, все факторы	-0,100	1,842	-0,045	0,357
4	Степенная, значимые факторы	-0,100	1,842	-0,045	0,357
5	Показательная, все факторы	-0,100	2,131	-0,002	0,393
6	Показательная, значимые факторы	-0,100	2,131	–	0,393

В табл. 2 приведен анализ факторов для обработки с использованием СОЖ. В ней, Φ_0 – статистический коэффициент, показывающий влияние постоянных и неучтенных факторов. $E_{пр}$ – геометрические параметры режущего инстру-

мента. Данная составляющая учитывается величиной термоЭДС, которая выступает некоторым комплексным индикатором, учитывающим и теплофизические, и геометрические свойства инструмента. V , S – скорость и подача участвующей

щая в процессе резания. Из табл. 2 становится ясно, что скорость резания, является наименее значимым фактором, который для показательной модели вообще можно не учитывать.

$$R = C_0 + \sum_{i=1}^N \Phi_i \cdot C_i$$

Формула 1. Вид линейной модели.

$$R = C_0 \cdot \prod_{i=1}^N \Phi_i^{C_i}$$

Формула 2. Вид степенной модели.

$$R = C_0 \cdot \prod_{i=1}^N C_i^{\Phi_i}$$

Формула 3. Вид показательной модели.

Таблица 3

**Анализ значимости факторов при построении регрессионных моделей:
линейной, степенной, показательной – для случая обработки без СОЖ**

Модель		Значимость факторов (норм. регрессия)			
		Φ_0	$E_{пр}$, мВ	V , м/мин	S , мм/об
1	Линейная, все факторы	-0,137	0,002	0,351	-1,545
2	Линейная, значимые факторы	-0,137	0,000	0,351	-1,545
3	Степенная, все факторы	0,065	-0,053	0,290	-1,491
4	Степенная, значимые факторы	0,065	-0,053	0,290	-1,491
5	Показательная, все факторы	0,044	-0,079	0,270	-1,692
6	Показательная, значимые факторы	0,044	-0,079	0,270	-1,692

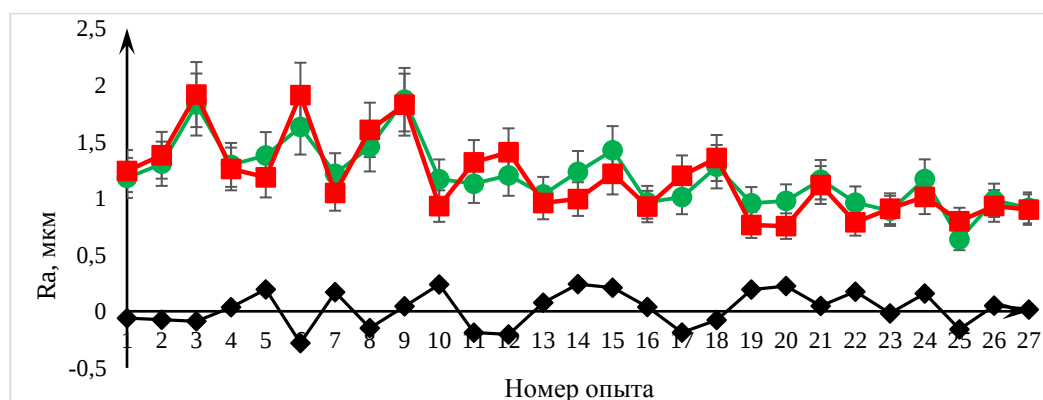


Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных по измерению параметра Ra при тонком продольном точении с применением СОЖ и без

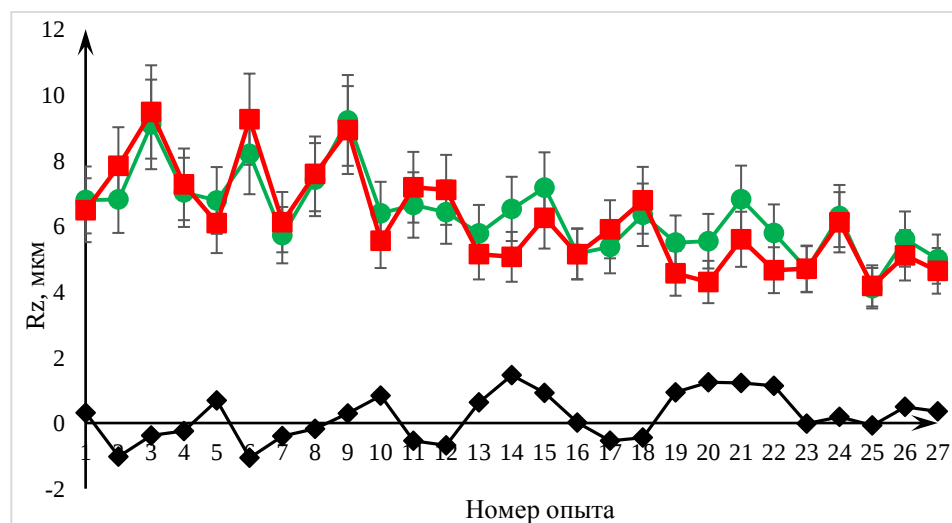


Рис. 5. Сравнение экспериментальных данных по измерению параметра Rz при тонком продольном точении с применением СОЖ и без

Каждая точка на регрессионном анализе была проверена 3 раза по критерию Стьюдента.

Таким образом, в результате эксперимента было обнаружено, что при тонком токарной обработке значительное влияние на качество поверхности в отношении параметров Ra и Rz применение смазочно-охлаждающих технических средств не оказывает. Следовательно, имеющиеся модели прогнозирования характеристик шероховатости можно применять и при работе со смазочно-охлаждающими техническими средствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фещенко, В. Н.* Обработка на токарно-револьверных станках : учеб. для ПТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. Н. Фещенко. – М. : Высш. шк., 1989. – 256 с.
2. *Рогачев, А. В.* Прототип устройства автоматического назначения режимов резания / А. В. Рогачев // Конкурс научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета : тез. докл., Волгоград, 25–29 апреля 2022 года / Редколлегия: С. В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2022. – С. 26–27.
3. *Сахби, З.* Влияние СОТС на силы резания и шероховатость обработанной поверхности при токарной обработке труднообрабатываемых материалов / З. Сахби, В. А. Богуславский, В. П. Демин // Машиностроение и техносфера XXI века : сб. тр. XVI междунар. науч.-техн. конф. В 4 т., Севастополь, 14–19 сентября 2009 года. Том 3. – Севастополь : Донецкий национальный технический университет, 2009. – С. 102–104.
4. *Кисель, А. Г.* Оценка технологической эффективности смазочно-охлаждающих жидкостей при лезвийной обработке / А. Г. Кисель, Д. С. Реченко // Механика XXI века. – 2013. – № 12. – С. 160–161.
5. *Леонов, С. Л.* Прогнозирование шероховатости при токарной обработке поверхности под нанесение покрытий / С. Л. Леонов, Е. Ю. Татаркин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2009. – № 1(42). – С. 28–30.
6. *Сергеев, А. С.* Математическая модель формирования шероховатости поверхности при точении сталей на основе оперативного сигнала термоЭДС / А. С. Сергеев, Н. Г. Зайцева, А. Л. Плотников // Обработка металлов. – 2012. – № 3. – С. 20–23.
7. *Сергеев, А. С.* Разработка математических моделей расчета параметров шероховатости при обработке деталей на токарных и фрезерных станках с ЧПУ / А. С. Сергеев // Поколение будущего: взгляд молодых ученых : матер. междунар. молодежной науч. конф. (14–20 нояб. 2012 г.). В 3 т. Т. 3: Прогрессивные технологии и процессы. Энергетика и энергосбережение. Нанотехнологии и наноматериалы / Юго-Западный гос. ун-т [и др.]. – Курск, 2012. – С. 160–163.
8. Анализ способов оценки влияния СОТС на стойкость твердосплавного инструмента и другие параметры процесса резания / А. А. Жданов, Ж. С. Тихонова, Д. А. Сницар, И. И. Ижбердеев // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 3 (262) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 7–10.
9. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
10. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 407 с.

УДК 658.6

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-11-14

Н. А. Коробова, Е. А. Богомолова, П. А. Норченко

АНАЛИЗ РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «КАУСТИК»

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: ninusha02@mail.ru

Деятельность предприятия (организации) осуществляется на основе заранее сформулированных замыслов, планов. Но реализация таких решений подвержена действию объективно существующей и принципиально неустранимой неопределенности, обусловленной отсутствием полной информации, высокой динамичностью процессов и т. д. В результате выбранная цель, в соответствии с которой принимаются решения, не будет достигнута. В свою очередь, возможность отклонения от запланированного результата определяется воздействием риска.

Ключевые слова: система менеджмента качества, международные стандарты, принятие управленческих решений, риск-ориентированное мышление, риск, управлением рисками.

N. A. Korobova, E. A. Bogomolova, P. A. Norchenko

RISK AND OPPORTUNITY ANALYSIS AT JSC "CAUSTIC"

Volgograd State Technical University

The activity of the enterprise (organization) is carried out on the basis of pre-formulated plans, plans. But the implementation of such solutions is subject to the action of objectively existing and fundamentally irreversible uncertainty caused by the lack of complete information, high dynamism of processes, etc. As a result, the chosen goal according to which decisions are made will not be achieved. In turn, the possibility of deviation from the planned result is determined by the impact of risk.

Keywords: quality management system, international standards, management decision-making, risk-oriented thinking, risk, risk management.

Грамотное и эффективное управление организацией невозможно без обеспечения качества выпускаемой продукции. Система менеджмента качества (СМК) представляет собой часть общей системы управления организацией, имеющую своей целью обеспечение стабильного качества производимой продукции и оказываемых услуг.

В соответствии с терминологией ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Система менеджмента качества – это часть системы менеджмента организации применительно к качеству» [1]. В основе национального стандарта лежат семь принципов менеджмента качества:

- ориентация на потребителя;
- лидерство;
- взаимодействие работников;
- процессный подход;
- улучшение;

– принятие решений, основанное на свидетельствах;

– менеджмент взаимоотношений.

Эти принципы используются высшим руководством АО «Каустик» в качестве руководящих указаний по повышению эффективности деятельности организации.

Также, согласно п. 4.4 ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Организация должна разработать, внедрить, поддерживать и постоянно улучшать СМК, включая необходимые процессы и их взаимодействия, в соответствии с требованиями данного МС». Значимость процессного подхода заключается в оптимизации внутренних процессов с соответствующим сокращением расходов и повышением производительности труда. На рис. 1 показано, как реализована процессная модель на АО «КАУСТИК».

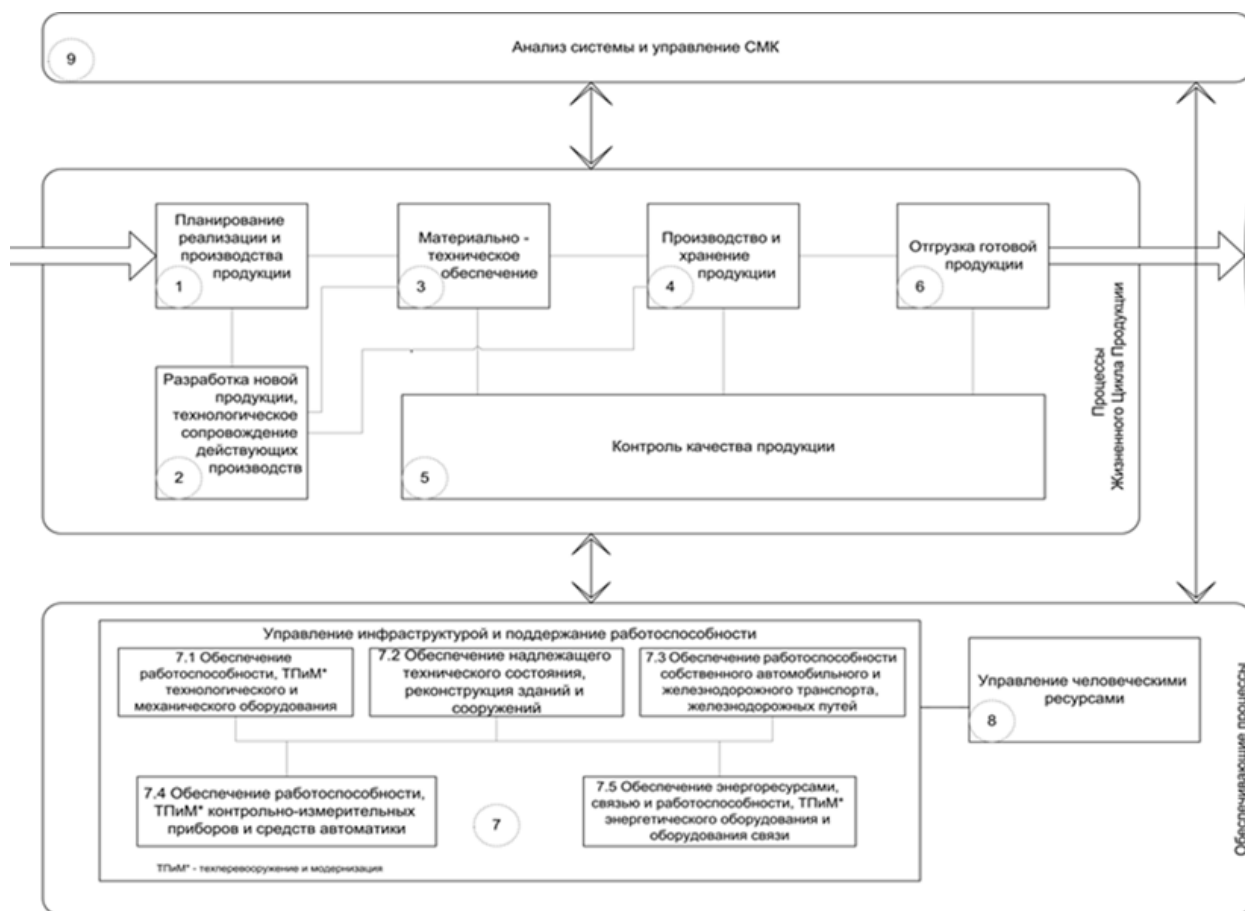


Рис. 1. Процессная модель АО «КАУСТИК»

Несмотря на то, что предприятие занимается выпуском только конкурентоспособной продукции, имеющей спрос на рынке сбыта, завод все равно подвержен огромному количеству угроз и рисков.

П. 6.1 ГОСТ Р ИСО 9001–2015 не устанавливает требований к обязательному документированию рисков. Также не используются словосочетания «управлять рисками», «менеджмент рисков» вероятно потому, что они четко ассо-

цируются с конкретными методами менеджмента рисков». Именно поэтому В. А. Дзедик и А. Я. Езрахович в своей книге используют словосочетание «обращение с рисками» [1].

В результате применения методов обращения с рисками структура рисков организации меняется, одни риски (отрицательные или положительные) исчезают, другие теряют свое прежнее значение, некоторые усиливают свое значение, есть те, которые появляются вновь. В процессе определения результативности примененных методов обращения с рисками или непосредственно после этого процесса необходимо вновь определить возможные риски [2].

Анализ и оценка рисков на АО «КАУСТИК»

проводятся в соотношении с требованиями стандартов ГОСТ Р ИСО 9001–2015 и ГОСТ Р ИСО 22000–2019. Владельцы процессов определяют, анализируют и оценивают риски, чтобы предотвратить или уменьшить нежелательное влияние на достижение соответствующих целей процесса или увеличить желательное влияние. Анализ и оценивание рисков реализуется путем анализа возможных причин, приводящих к осуществлению рисков. Для этого для причин реализации риска оценивается их значимость и вероятность, на основании которых происходит ранжирование, определяющее степень влияния причины на реализацию риска. Выявленные риски вносятся в сводный реестр рисков (рис. 2).

Процесс	Риск	Возможные причины возникновения риска	Оценка причины риска*			Мероприятия по управлению риском	Показатель результативности процесса за анализируемый период	Результативность предпринятых мер в отношении рисков
			З	В	Р			

Рис. 2. Формуляр реестра рисков на АО «Каустик»

Данные, полученные при проведении идентификации, анализа, оценки и повторной оценки рисков, служат входными данными для анализа со стороны руководства [1].

Для разработки действий в отношении рисков и возможностей необходимо понимание контекста компании, ее внешней и внутренней среды (условий, в которых компания функционирует), определение внешних и внутренних

факторов (обстоятельств), которые имеют отношение к планам и к стратегии развития компании [3]. Так, например, за 2022 г. некоторые процессы СМ оказались менее результативны по сравнению с 2021 г., как следствие из-за более низких оценок результативности (рис. 3). Снижение показателей эффективности процессов в свою очередь неразрывно связано с увеличением возникновения ключевых рисков процессов.



Рис. 3. Средняя оценка результативности процессов за 2021 и 2022 гг.

В настоящее время анализ и оценка рисков на предприятии осуществляется посредством анализа причин, которые могут стать причиной реализации риска. Согласно ГОСТ 58771–2019 данный метод достаточно прост в использовании, он имеет свои сильные и слабые стороны, но если мы говорим о том, что предприятие желает выйти на новый уровень оценки рисков, и предвидеть неблагоприятные ситуации заблаговременно, то необходимо переходить на новый метод оценки рисков – метод FMEA [4].

Ключевым отличием является то, что новый метод оценки рисков предполагает идентификацию не только причины возникновения, а также последствий и вероятность обнаружения. Главным достоинством данного метода, является оценка действий мероприятий по тем же критериям, что и оценка риска. Данное преимущество показывает более структурированную картину риск-менеджмента [5].

Основная цель применения риск-ориентированного мышления уменьшение денежных издержек. Метод FMEA позволит добиться

уменьшения брака в процессе производства, и как следствие повышение прибыли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен взамен : дата введения 01.11.2015 / Федер. агентство по тех. регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
2. Дзедик, В. А. Разработка систем менеджмента качества в соответствии с международным стандартом ISO 9001:2015 : учеб. пособие / В. А. Дзедик. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2017. – 132 с.
3. Борисова, Т. А. Системы менеджмента качества : учеб. пособие / Т. А. Борисова, В. Я. Дмитриев ; под ред. Е. В. Ушаковой. – Санкт-Петербург : ИЭО СПбУТУиЭ, 2017. – 168 с.
4. ГОСТ Р ИСО 3100–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен взамен : дата введения 01.03. 2020 / Федер. агентство по тех. регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 19с.
5. Ермолаева, Е. О. Совершенствование систем менеджмента : учеб. пособие / Е. О. Ермолаева, Н. В. Трофимова, Т. Н. Коптелова. – Кемерово : КЕМ ГУ, 2020. – 79 с.

УДК 658.6

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-14-19

М. Ю. Полянчикова, А. А. Зубкова, С. С. Сульженко, В. К. Князькин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕДИЦИНСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: MUPolyan4ikova@yandex.ru

В статье рассматривается методика испытаний медицинского рентгеновского оборудования. По данным испытаний комплекса рентгенодиагностического КРД-«ОКО» построены контрольные карты, оценивающие стабильность работы оборудования по показателю «поглощенная доза рентгеновского излучения». Рассмотрена возможность применения инструмента «контрольные карты» для оценки стабильности процесса работы медицинского оборудования.

Ключевые слова: статистический контроль, испытания рентгенооборудования, качество услуг, контроль, анализ, оценка, управление процессами, стабильность.

M. Yu. Polyanchikova, A. A. Zubkova, S. S. Sulzhenko, V. K. Knyazkin

PREDICTION OF THE QUALITY OF LABORATORY RESEARCH RESULTS BASED ON STABILITY ANALYSIS OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEDICAL X-RAY EQUIPMENT

Volgograd State Technical University

The article discusses the testing methodology for medical X-ray equipment. Based on the testing data of the X-ray diagnostic complex KRD - "OKO", control charts were constructed that evaluate the stability of the equipment according to the indicator "absorbed dose of X-ray radiation". The possibility of using the "control charts" tool to assess the process stability of medical equipment is considered.

Keywords: statistical control, X-ray equipment testing, quality of service, control, analysis, evaluation, process management, stability.

Задача повышения «качества и доступности медицинской помощи для населения за счет улучшения медицинской инфраструктуры, ликвидации кадрового дефицита в отрасли, планомерного снижения смертности от сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний» – одна из приоритетных для нашей страны на сегодняшний день. Именно для решения этой задачи в России реализуются федеральные и региональные проекты в рамках нацпроекта «Здравоохранение». Обеспечение результата возможно только при системном подходе к управлению деятельностью. В соответствии с положениями международных стандартов в области управления качеством [1, 2], результативность управления основана на семи принципах менеджмента качества, одним из которых является «принятие решений, основанное на свидетельствах». Такие свидетельства собираются и обрабатываются при проведении испытаний, калибровок, ремонта и т.п. Применение статистических инструментов, описанных в учебном пособии [3], позволяет данные анализировать и руководствоваться результатами такого анализа при принятии решений.

Согласно статье [4] «обеспечение здоровья населения « является «наиболее важной проблемой» в сфере управления качеством жизни населения страны. Для достижения этой задачи в Российской Федерации проводится широкий спектр исследований. По данным Центра медицинской статистики НИИ Организации здравоохранения и медицинского менеджмента [5] с 2016 года по настоящее время наблюдается постепенное повышение числа всех видов лучевых исследований, среди которых значимую долю занимают КТ и МР-исследования, а также проводимые амбулаторно-поликлиническими медицинскими организациями исследования в целях профилактики и раннее выявления (скрининга) хронических неинфекционных заболеваний (состояний). Для указанных целей используется медицинское рентгеновское оборудование.

Основные виды нормативной, методической и эксплуатационной документации, принятой на территории РФ в целях сертификации и проведения испытаний этого оборудования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные виды нормативной, методической и эксплуатационной документации, принятой на территории РФ в целях сертификации и проведения испытаний рентгеновского аппарата КРД «ОКО»

№	Обозначение	Наименование документа	НД	МД	ЭД	ИД
1	ГОСТ Р МЭК 61223-3-1	Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновской аппаратуры в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики. Часть 3-1. Характеристики изображений рентгеновских аппаратов для рентгенографии и рентгеноскопии. Приемочные испытания.	+	+	–	–
2	ГОСТ Р 50267.2.54	Изделия медицинские электрические. Часть 2-54. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к рентгеновским аппаратам для рентгенографии рентгеноскопии.	+	+	–	–
3	ГОСТ ИЕС 60601-2-7	Изделия медицинские электрические. Часть 2-7. Частные требования безопасности к рентгеновским питающим устройствам диагностических рентгеновских генераторов.	+	+	–	–
4	ГОСТ Р МЭК 60601-1-3	Изделия медицинские электрические. Часть 1-3. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Дополнительный стандарт. Защита от излучения в диагностических рентгеновских аппаратах.	+	–	–	–
5	ГОСТ Р МЭК 61267	Аппараты рентгеновские медицинские диагностические. Условия излучения при определении характеристик.	+	–	–	–
6	СанПиН 2.6.1.1192-03	Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы.	+	–	–	–

Окончание табл. 1

№	Обозначение	Наименование документа	НД	МД	ЭД	ИД
7	MP 0100/12883-07-34	Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппаратов.	–	+	–	–
8	–	Руководство по эксплуатации и техническая документация рентгеновского аппарата КРД-«ОКО».	–	–	+	–
9	ГОСТ 26141	Усилители рентгеновского изображения медицинских рентгеновских аппаратов. Общие технические требования. Методы испытаний.	+	+	–	–
10	ГОСТ ИЕС 61262-1	Изделия медицинские электрические. Характеристики электронно-оптических усилителей рентгеновского изображения. Часть 1. Определение размера входного поля.	–	+	–	–
11	–	Руководство по эксплуатации универсального дозиметра для контроля характеристик рентгеновских аппаратов Unfors Xi, программное обеспечение "Xi View".	–	+	+	–
12	–	Руководство по эксплуатации дозиметра рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1121, ДКС-АТ1121А, ДКС-АТ1123, ДКС-АТ1123А.	–	+	+	–
13	–	Руководство по эксплуатации на миллитесламетр портативный универсальный ТПУ-05.	–	+	+	–
14	–	Руководство по эксплуатации прибора комбинированного Testo 622.	–	+	+	–

Анализ состава и содержания нормативной документации позволил определить основные этапы проведения испытаний, а также контро-

лируемые показатели качества рентгеновского оборудования, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Контролируемые показатели качества рентгеновского оборудования

№ п/п	Наименование контролируемого параметра	НД	Нормируемое значение	РР
	Маркировка	[2] п.201.7, [3] п.6	Имеется / отсутствует	1
1	Комплект документации	[6] прил.7	Имеется / отсутствует	1
2.1	Состояние источника сети питания	[8]		1
2.2	Форма кривой анодного напряжения	[8]	высокочастотное	1
2.3	Суммарная фильтрация пучка рентгеновского излучения	[1] п.5.3, [4] п.7.1, [8]	Не менее 2,5 мм Al до 70 кВ	1
2.4	Слой половинного ослабления	[4] п.7.1	Не менее 2,5 мм Al при 70 кВ	1
3.1-3.6	Воспроизводимость дозы излучения	[3] п.50.102.1, [2] п.203.6.3.2.101	Не более 0,05	1
3.7	Линейность дозы излучения при заданном анодном напряжении	[3] п.50.102.2, [2] п.203.6.3.2.102	Не более 0,2	1
3.8	Точность выполнения уставок анодного напряжения	[2] п.203.6.4.3.104.3	Не более $\pm 10\%$	1
3.8	Точность выполнения уставок силы анодного тока	[2] п.203.6.4.3.104.4	Не более $\pm 20\%$	1
3.8	Точность выполнения уставок длительности экспозиции	[2] п.203.6.4.3.104.5	Не более $\pm 10\%$	1
3.8	Значения радиационного выхода на 70 кВ	[7] п.5	Не нормируется	1
4	Видимая разрешающая способность, пар лин./мм	[1] п.5, [8]	Не нормируется	1

Окончание табл. 2

№ п/п	Наименование контролируемого параметра	НД	Нормируемое значение	РР
4	Видимый пороговый контраст, %	[1] п.5, [8]	Не нормируется	1
5	Расхождение оптического (светового) и рентгеновского полей излучения	[1] п.5.5.2, [2] п.203.8.102.6	Не более 2 %	1
6	Радиационная защита излучателя	[4] п.12.4	Не более 1,0 мГр/ч	1
7	Отклонение высоты среза при томографии	[1] п.7, [8]	Не нормируется	1
7	Отклонение угла качания при томографии	[1] п.7, [8]	Не нормируется	1
8	Функционирование экспонометра	[1] п.5.8.2	Не более 20 %	1
9	Номинальный размер входного поля	[8], [10] п.5, [9] п.2.1.2	Класс 2 – не менее 230 мм	1
9	Дисторсия изображения	[9] п.2.1.4, п.3.6	Не более 8 %	1
10	Мощность дозы в плоскости УРИ	[8], [9] п.2.5.2,	Не более 26,3 нГр/с	1
11	Наличие сигнализации при времени облучения, превышающим 5 мин	[3] п.29.1.104, [6] прил.10	Наличие / Отсутствие	1
12	Сигнализация включения высокого напряжения (световая, звуковая)	[2] п.203.6.4.101	Наличие / Отсутствие	1
13	Работа механизмов перемещения и блокировок	[2] п.201.9	Работоспособны / Неработоспособны	1
14	Определение доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях	[2] п.203.6.4.5, [6] п.2.8	Карта доз облучения пациентов, индикация дозы или дозиметра	1
15	Дистанционность управления	[2] п.203.13	Не менее 2,0м от фокусного пятна	1

Согласно ГОСТ ISO 13485–2017 [6], к организациям, поставляющим медицинские изделия и предоставляющим связанное с ними обслуживание, предъявляются требования, которые отсутствуют в версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001 [2]. В статье проведен анализ стабильности характеристик «Комплекса рентгеновского диагностического КРД-«ОКО», выпускаемого ЗАО «НИПК «Электрон», Россия [7]. В настоящее время ЗАО «НИПК «Электрон» является лидером «российского рынка в разработке и производстве медицинского диагностического оборудования, комплексных и ИТ-решений для здравоохранения», осуществляет «поставки во все регионы России, страны ближнего и дальнего зарубежья». Являясь предприятием замкнутого цикла, руководству следует рассматривать статистическую информацию по динамике показателей качества выпускаемого оборудования при эксплуатации.

Согласно положениям стандарта ГОСТ Р 50267.2.54 – 2013 [8], табл. 201.101, к основным функциональным характеристикам рентгеновского аппарата относят: точность параметров нагрузки, воспроизводимость выхода излучения, система автоматического управления,

формирование изображений. В статье рассматривается обеспечение стабильности показателя «Воспроизводимость выхода излучения» на примере эксплуатируемого КДО «ОКО» в режиме «рентгенография», выпуск 2019 года. При контроле воспроизводимости выходного излучения соответствие проверяют следующим образом. Проводят 10 измерений воздушной кермы в течение 1 часа при условиях испытаний в соответствии с пунктом 203.6.3.2.103 при каждой комбинации А, В, С, D в соответствии с табл. 203.101 стандарта ГОСТ Р 50267.2.54 – 2013 [8]. Данные вносят в протокол контроля, форма которого приведена на рис. 1.

Для каждой серии измерения рассчитывают коэффициент вариаций по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100 \%,$$

где σ – стандартное отклонение; $\bar{X}$ – среднее значение исследуемого показателя.

Коэффициент вариаций измеренных значений кермы не должен превышать 0,05 для всех комбинаций параметров нагрузки.

Для уставок С и D (согласно табл. 203.101 стандарта ГОСТ Р 50267.2.54 – 2013) рассчитывают среднее значение воздушной кермы, чтобы подтвердить соответствие.

PP	Уставки				Измеренные значения					Значение дозы, мГр		Расчитанное значение отклонения
	U, кВ	I, мА	Q, мАс	t, с	U, кВп	D, мГр	D', мГр/с	t, с	СПО ммАл			
2/3	40	250	25,0	0,100	39,15	0,193	1,928	0,100	1,45	среднее	0,196	0,007
	40	250	25,0	0,100	39,31	0,196	1,938	0,101	1,45	максимальное	0,198	
	40	250	25,0	0,100	39,20	0,197	1,953	0,101	1,45	минимальное	0,193	
	40	250	25,0	0,100	39,29	0,197	1,926	0,102	1,46	Расширенная (абсолютная) неопределенность по типу А с коэффициентом охвата 2		
	40	250	25,0	0,100	39,26	0,196	1,916	0,102	1,46			
	40	250	25,0	0,100	39,29	0,195	1,940	0,100	1,45	(при доверительной вероятности 0,95):		
	40	250	25,0	0,100	39,34	0,194	1,913	0,101	1,45	U	39,25 ± 1,36	кВ
	40	250	25,0	0,100	39,24	0,198	1,961	0,101	1,45	D	0,196 ± 0,02	мГр
	40	250	25,0	0,100	39,29	0,197	1,927	0,102	1,45	t	0,101 ± 0,004	сек
	40	250	25,0	0,100	39,15	0,197	1,931	0,102	1,45	СПО	1,450 ± 0,167	мм Ал

Рис. 1. Пример заполнения протокола испытаний КРД-«ОКО» при уставке А: анодное напряжение наименьшее (U=40кВ), анодный ток наибольший (I=250мА) при времени облучения t=0.100 с для всех серий

Для анализа стабильности работы оборудования по показателю «Воспроизводимость выходного излучения» используется инструмент «Контрольная карта Шухарта» согласно ГОСТ Р ИСО 7870-2 – 2015 [9]. По данным коэффи-

циента вариации, который для всех комбинаций параметров нагрузки не превышал допустимой величины 0,05, построены контрольные $\bar{X}$ – R-карты при числе повторных измерений n=6 (рис. 2, 3)

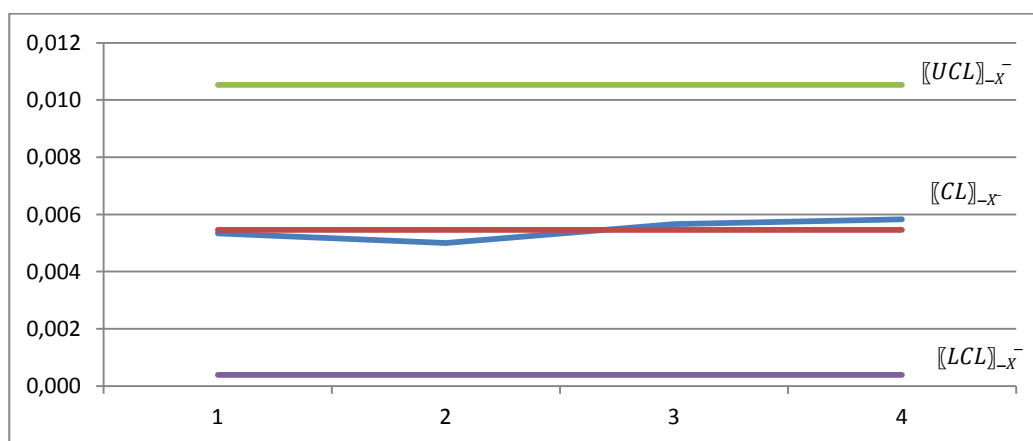


Рис. 2. Вид $\bar{X}$ -карты при оценке параметра «Воспроизводимость выходного излучения» КРД-«ОКО», 2019 г.в. за время эксплуатации

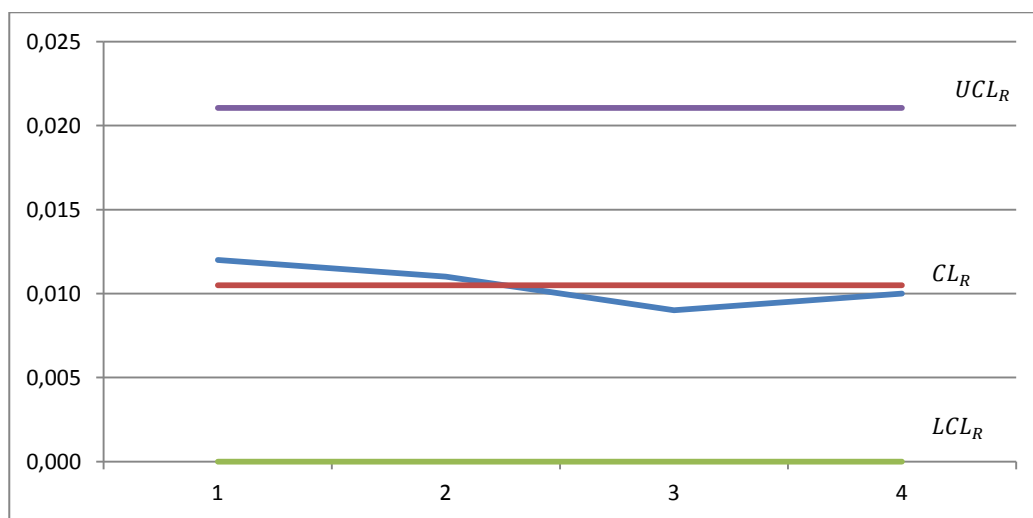


Рис. 3. Вид R-карты при оценке параметра «Воспроизводимость выходного излучения» КРД-«ОКО», 2019 г.в. за время эксплуатации

Как показал проведенный анализ, рассматриваемый аппарат в течение времени эксплуатации не только обеспечивает выполнение требований к функциональным характеристикам, но и гарантирует стабильное соблюдение этих требований. Накапливаемая статистическая информация по эксплуатационным показателям способствует оценке стабильности работы, а также прогнозированию уровня надежности медицинской техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р ИСО 9000 – 2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Введ. 28.09.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 49 с.
2. ГОСТ Р ИСО 9001 – 2015. Системы менеджмента качества. Требования. – Введ. 01.11.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 32 с.
3. Статистические методы оценки качества продукции / М. Ю. Поляничкова, Н. И. Егоров, А. Н. Воронцова, А. А. Кожевникова ; ВолгГТУ. – Волгоград : Волгоградский государственный технический университет, 2019. – 128 с.
4. Васильев, В. А. Комплексный подход к обеспечению качества изделий медицинской техники / В. А. Васильев, Н. А. Невзорова, С. Ю. Шемакин // Компетентность. – 2013. – № 3(104). – С. 22–25.
5. Статистика и аналитика // НИИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И МЕДИЦИНСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://niioz.ru/statistika-i-analitika/>.
6. ГОСТ ISO 13485 – 2017. Изделия медицинские. Системы менеджмента качества. Требования для целей регулирования. – Введ. 01.06.2018. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 41 с.
7. Неразрушающий контроль. Цифровые технологии и решения // АО «Научно-исследовательская производственная компания «Электрон» : офиц. сайт. – Режим доступа: <https://electronxray.com/>.
8. ГОСТ Р 50267.2.54 – 2013. Изделия медицинские электрические. Часть 2-54. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к рентгеновским аппаратам для рентгенографии рентгеноскопии. – Введ. 01.01.2015. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 61 с.
9. ГОСТ Р ИСО 7870-2 – 2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. – Введ. 01.12.2016. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 46 с.

УДК 621.91

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-19-21

В. А. Солодков, С. И. Кормилицин

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОЙ СМАЗКИ И ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: v-a-solodkov@yandex.ru

Основной особенностью износа твердосплавных пластин с покрытием при прерывистом резании, как показывают настоящие и ранее выполненные исследования, является унос покрытия с задней поверхности и радиуса округления режущей кромки в начальный период резания.

Ключевые слова: прерывистое резание, твердосплавный инструмент, износостойкое покрытие.

V. A. Solodkov, S. I. Kormilitsyn

THE EFFECT OF SOLID LUBRICATION AND COATING THICKNESS ON THE PERFORMANCE OF THE CARBIDE TOOLS FOR INTERMITTENT CUTTING

Volgograd State Technical University

By main feature of wear of hard-alloy slices with cover for want of discontinuous cutting as show present and earlier executed researches is the ablation of cover from a back surface and radius of a rounding off of a cutting edge in initial period of cutting.

Keywords: intermittent cutting, carbide tools, wear-resistant coating.

Для условий непрерывного установившегося резания принято считать, что стойкость (если брать в качестве критерия износ по передней поверхности – глубину лунки износа и ее расстояние до режущей кромки), возрастает про-

порционально толщине покрытия [2]. В соответствии с теми же данными, для задней поверхности существует оптимальная толщина покрытия (около 20 мкм), сверх которой снижения интенсивности износа не происходит.

Для прерывистого резания картина в значительной степени отличается и усложняется. Прежде всего, это связано с интенсивным трещинообразованием в покрытии и распространением трещин в твердосплавную матрицу (рис. 1).

Образование трещин в покрытии возможно

и при установившемся резании. Однако, во-первых, трещины имеют меньшие размеры, а во-вторых, они возникают после длительного резания, что связано, очевидно, с тем, что за длительный период резания происходит большое количество входов-выходов с циклами нагрева и охлаждения.

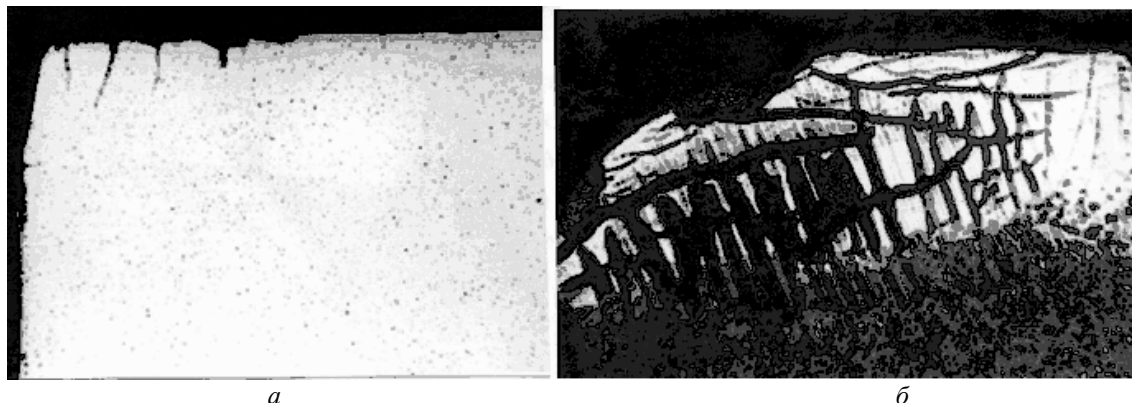


Рис. 1. Пластина ТТ21К9 с покрытием толщиной 12 мкм после фрезерования стали ХВГ (х100).

$V = 190$ м/мин. $S_z = 0,2$ мм/зуб:

а – микрошлиф режущего клина; *б* – вид передней поверхности

Можно предположить, что при прерывистом резании более толстое покрытие в большей степени подвержено трещинообразованию, так как известно, что с ростом толщины покрытия его хрупкость возрастает, а пластичность снижается. Другими словами, более тонкое покрытие имеет более высокую гибкость (т. е. оно выдерживает более высокую степень деформации матрицы, прежде чем в нем зародится трещина). Есть данные о снижении прочности твердого сплава с ростом толщины и состава покрытия (сплав с многослойным покрытием имеет более высокую прочность, чем сплав с однослойным покрытием) [3].

Для подтверждения данных предположений были проведены исследования по определению толщины покрытия, обеспечивающей наибольшую стойкость инструмента при прерывистом резании, как для случая применения твердой смазки, так и без нее (в качестве твердой смазки использовался фторид бария BaF_2 теплостойкость которого выше $800^\circ C$). Стойкостным испытаниям подвергались пластины с многослойным покрытием $TiC/TiCN/TiN$ толщиной 1,5...2 мкм, 3...4 мкм, 5...7 мкм. В качестве базы для сравнения применялась пластина с типичной для установившегося резания толщиной покрытия $\sim(10...12)$ мкм. Во всех случаях, в соответствии с рекомендациями [1] в качестве матрицы использовался твердый сплав ТТ21К9,

имеющий оптимальное для твердосплавной основы соотношение прочности и твердости.

При этом для всех толщин покрытий применение твердой смазки уменьшает количество трещин. Причиной может являться снижение температуры и уменьшение вследствие этого градиента температур в покрытии. Как следствие, снижается величина растягивающих напряжений, вызывающих образование трещин.

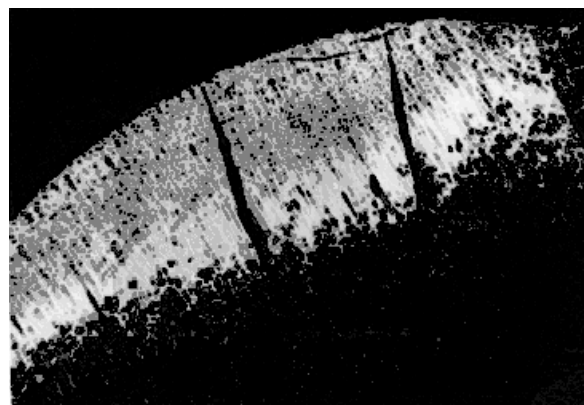


Рис. 2. Передняя поверхность пластины ТТ21К9 с покрытием толщиной 2 мкм после фрезерования стали ХВГ (х100):

$V = 190$ м/мин. $S_z = 0,2$ мм/зуб

Анализ микрофотографий передних поверхностей пластин с покрытием позволяет однозначно утверждать, что уменьшение толщины покрытия значительно снижает трещинообразование, а следовательно, и вероятность скола ре-

жущей кромки. Меньше всего трещин в самом тонком покрытии (1,5...2 мкм, рис. 2), а больше всего в самом толстом (10...12 мкм, рис. 1, а).

В отличие от передней поверхности, влияние толщины покрытия на задней поверхности качественно совпадает с тем, что имеет место при установившемся резании. Интенсивность износа возрастает с уменьшением толщины покрытия. Однако, при толщине покрытия 10...12 мкм и 5...7 мкм период стойкости определяется не величиной износа по задней поверхности, а моментом скола режущей кромки из-за образующихся трещин (на рисунке 3 показан крестиком). При этом имеет место большой разброс стойкости, который увеличивается с увеличением толщины покрытия. Минимум этот разброс имеет для пластин с покрытием толщиной 1,5...2 мкм, которые достигают критерия

износа без скола и обеспечивают, поэтому наивысший период стойкости. Применение смазки для всех вариантов покрытия снижает износ. Однако, наиболее важным при этом является то, что не только пластины с минимальной толщиной покрытия, но и пластины с толщиной покрытия 3...4 мкм достигают критерия износа без скола. Учитывая, что для этих пластин интенсивность износа меньше, их период стойкости является максимальным. Таким образом можно говорить о том, что использование твердой смазки изменяет (увеличивает) оптимальную толщину покрытия, для которой в течение периода стойкости отсутствуют сколы режущей кромки. Из данных рис. 3 следует, что пластины с толщиной покрытия 1,5...2 мкм и 3...4 мкм имеют наибольший период стойкости, достигаемый ими без скола.

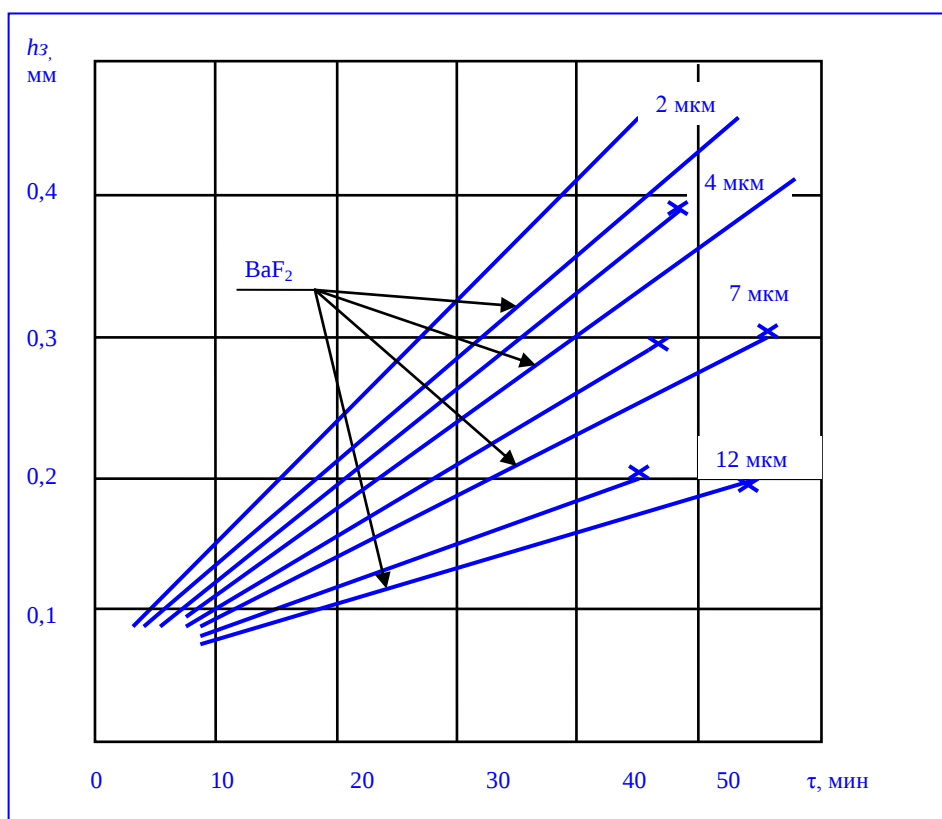


Рис. 3. Зависимость износа по задней поверхности при фрезеровании стали ХВГ со смазкой и без смазки от времени резания. Сплав ТТ21К9 (TiC/TiCN/TiN): $V = 190$ м/мин; $S_z = 0,2$ мм/зуб

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодков, В. А. Физические основы контактных процессов при прерывистом резании : монография / В. А. Солодков; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 156 с.
2. Хейл, Т. Е. Влияние состава и толщины покрытия на характеристики металлорежущего инструмента /

Т. Е. Хейл, Д. Е. Грехем // Международная конференция по металлорежущему инструменту, 1980. – С. 175–191 / Пер. с англ. КИ- 74640. – М. : ВЦП, 1964.

3. Icks G., Philip P. K. Frasen von gehartetem Stahl mit beschichteten Hartmetalle- Werkzeugen. "Techn. Zbl. prakt. Metalibaeab.", 1977, 71, '5, 179–186.

УДК 621.923

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-22-25

*Л. Д. Ульянова^{1, 2}, П. Ю. Бочкарев^{2, 3}***ГРУППИРОВАНИЕ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ
ОПЕРАЦИЙ ВРЕЗНОГО БЕСЦЕНТРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ**¹ НПО Национальные технологические системы и комплексы² Камышинский технологический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета

³ Саратовский государственный университет генетики,

биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

E-mail: bpy@mail.ru

Врезное, как один из способов бесцентрового шлифования, обладает высокой производительностью и точностью обработки. Однако область его применения в действующих производствах ограничивается достаточно узкой областью. Во многом это связано с отсутствием окончательно сформированной методической базы этапов наладки оборудования и управления ходом реализации технологических операций. В статье представлены предложения к структурной классификации врезного бесцентрового шлифования, включающие их группирование по критерию однородности проектных процедур отдельных этапов технологического обеспечения. Созданные формализованные модели обеспечивают последовательное формирование кластеров схем обработки с возможностью учета конкретных производственных условий. Представлены результаты группирования способов обработки для проектных процедур назначения рациональных технологических режимов врезных бесцентрово-шлифовальных операций.

Ключевые слова: механообрабатывающие производства, технологическая подготовка, бесцентрово-шлифовальная обработка, проектирование технологических процессов, конструкторско-технологические характеристики.

*L. D. Ulyanova^{1, 2}, P. Yu. Bochkarev^{2, 3}***GROUPING BY TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE OPERATIONS
OF CENTERLESS MORTISE GRINDING**¹ National Technological Systems and complexes² Kamyshinsky Technological Institute (branch)

Volgograd State Technical University

³ Saratov State University of Genetics, Biotechnology

and Engineering named after N. I. Vavilov

Mortise, as one of the methods of centerless grinding, has high productivity and processing accuracy. However, the scope of its application in existing industries is limited to a rather narrow area. This is largely due to the lack of a fully formed methodological base for the stages of equipment setup and management of the implementation of the technological operation. The article presents proposals for the structural classification of inset centerless grinding, including their grouping according to the criterion of uniformity of design procedures of individual stages of technological support. The created formalized models ensure the consistent formation of clusters of processing schemes with the possibility of taking into account specific production conditions. The results of the grouping of processing methods for design procedures for the appointment of rational technological modes of mortise centerless grinding operations are presented.

Keywords: Machining industries, technological preparation, centerless grinding, design of technological processes, design and technological characteristics.

Бесцентровое шлифование для широкой номенклатуры производств точного машиностроения обладает рядом существенных преимуществ перед другими методами обработки. Среди них наиболее значимыми являются производительность процесса обработки и возможность получения высокой размерной и геометрической точности поверхностей деталей за счет специфических особенностей схем обра-

ботки, снижающих влияние исходных погрешностей обрабатываемых поверхностей, являющихся в тоже время и базовыми [1, 2, 3]. Кроме этого, следует отметить высокую жесткость применяемого оборудования и большую режущую поверхность шлифовальных кругов, что обеспечивает увеличение времени сохранения их режущих свойств. Однако существующая в настоящее время практика использования

технологических операций бесцентрового шлифования показывает ограниченность и узкую специализацию их применения. Реализация данных методов обработки в первую очередь сдерживается по причине сложности наладки и подналадки оборудования, связанной с отсутствием формализованных методик проведения данных работ [4]. Качество настройки технологической системы в действующих производствах зависит от уровня квалификации и опыта исполнителя, что вносит субъективный фактор не только в результаты выполнения операции, но и организацию всего производственного цикла. Другой серьезной задачей, является проведение исследований по разработке методов определения силовых взаимодействий между элементами технологической системы в процессе обработки на всех участках рабочей зоны для создания условий равномерных режимов резания. Представленные обстоятельства приводят к значительным временным и трудовым затратам при наладке и управлении процессами, сужают эффективное их использование до условий массового и крупносерийного производства. С учетом того, что перспективы развития операций, выполняемых на бесцентровом оборудовании, возможны только в направлениях, связанных с автоматизацией производственного процесса, создание моделей, описывающих все ее составляющие, является актуальным.

Несмотря на однотипность схем бесцентрового шлифования существует большое количество методов их реализации, представленных как с позиции компоновочных решений оборудования для их реализации, конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, так и технологических решений, касающихся правки шлифовальных и ведущих кругов, наладки, назначения режимов и др. В связи с данным обстоятельством для решения поставленных задач предложен подход, заключающийся в установлении групп методов бесцентрового шлифования однородных с позиций их технологической подготовки и последующего создания моделей для каждой группы [5, 6, 7], что позволяет провести научно обоснованную унификацию с целью разработки автоматизированных подсистем автоматизированного проектирования.

В статье представлены исследования, касающиеся реализации представленного подхода к операциям врезного бесцентрового шлифования.

Особенностью метода врезного бесцентрового шлифования, обеспечивающего его производительность и высокие стабильные качественные характеристики изготавливаемых деталей, является возможность одновременной обработки всей поверхности или нескольких поверхностей. Принципиальная схема обработки и наличие преимущественно только одного основного движения подачи перпендикулярно к шлифуемой поверхности позволяет выделить по сравнению с другими видами реализации технологических операций следующие преимущества: стабильные размеры обработанных деталей в партии; использование повышенных режимов резания за счет схемы силового замыкания; уменьшение значений припусков в связи с базированием по обрабатываемой поверхности; значительным сокращением вспомогательного времени на установку и снятие детали.

Рациональность принятия проектных решений при назначении конкретного способа бесцентрового врезного шлифования при обработке наружных поверхностей типа тел вращения связано с учетом множества факторов, которые необходимо анализировать как с позиций обеспечения заданных качественных характеристик обрабатываемых деталей, так и технико-экономических показателей реализации технологического процесса с учетом реальной производственной ситуации [8, 9, 10]. Для этого целесообразно группирование способов врезного бесцентрового шлифования на основе определения однородных проектных процедур технологической подготовки производства.

Основным условием группирования является ранжирование по областям, имеющим условную независимость. С этой целью характеристики процесса были разделены по отдельным блокам.

При выполнении структуризации бесцентрово-шлифовального оборудования для операций врезного шлифования в части конструктивных особенностей анализировались следующие параметры: виды компоновок; направления движения шлифовальной бабки, схема расположения опор шпинделей и расположение линии центров (вертикальные, горизонтальные, под наклоном) и др. По конструктивным признакам объектов обработки: вид обрабатываемой поверхности, размерные характеристики, обрабатываемость материала. Сведениям по применяемым шлифовальным и ведущим кругам: форма кругов и их количество, направле-

ния вращения, расположения оси кругов в системе координат станка. Особенности использования установочных (опорных) элементов, форма их поверхностей и пространственная ориентация.

Сформированные базы данных явились исходными данными для исследования методов

врезного бесцентрового шлифования с использованием аппарата кластерного анализа. На рис. 1 представлены результаты автоматической классификации по таблице различий в виде дендограмм (для общей базы данных методов врезного бесцентрового шлифования и ее составляющих блоков).

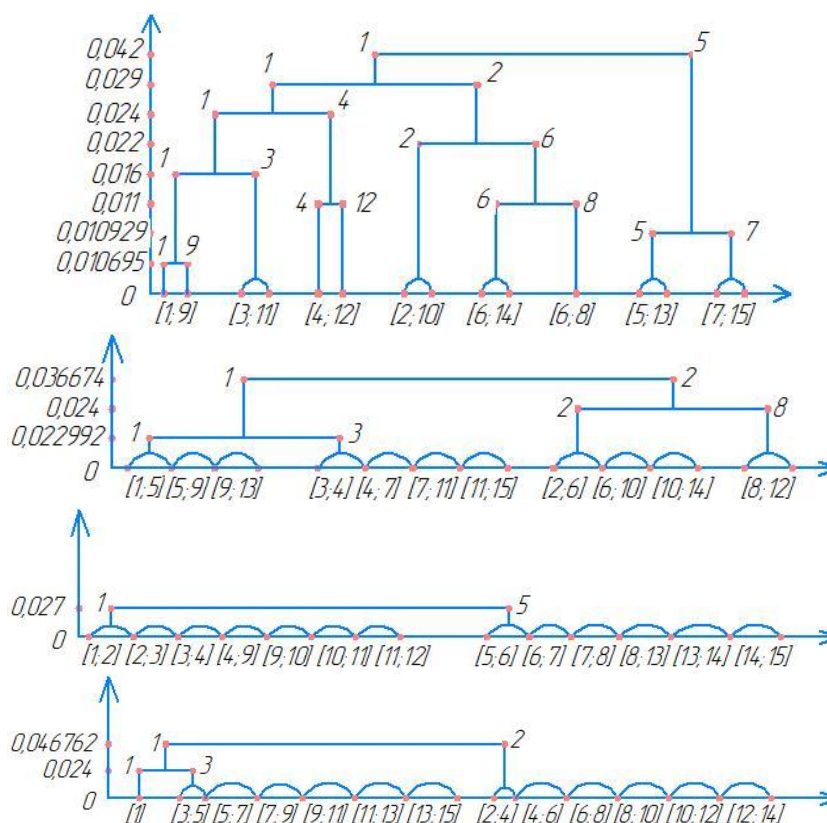


Рис. 1. Дендограммы результатов кластеризации методов врезного бесцентрового шлифования

Применительно к проектным процедурам назначения режимов резания с учетом состояния технологического оборудования были сформированы дополнительные базы данных, отражающие информацию по местам контакта обрабатываемой поверхности с элементами технологической системы, направления и величины составляющих сил в этих местах. Алго-

ритм определения результатов кластерного анализа выполнялся на основе расчетного стандартного индекса иерархии на каждом уровне дендограмм с последующим обоснованием заключения об однородности сформированных групп на основе применения математического аппарата теории множеств (рис. 2).

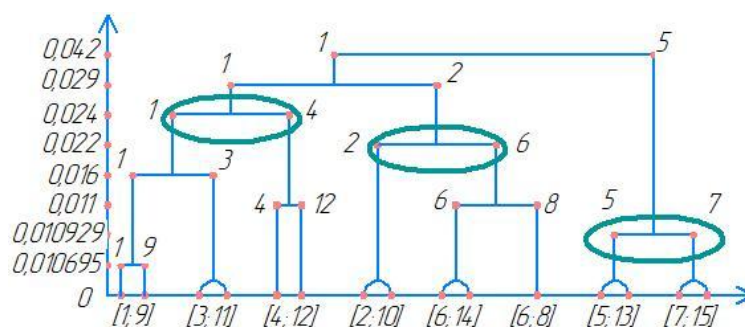


Рис. 2. Результат формирования кластеров методов врезного бесцентрового шлифования по однородности проектных процедур определения технологических режимов обработки

Практическим результатом представленных исследований является сформированный состав групп методов врезного бесцентрового шлифования применительно к этапам технологической подготовки производства, имеющих однородные модели выполнения этапов определения режимов резания, обеспечивающие заданные качественные показатели обрабатываемой поверхности. Методические принципы, представленные в данной статье применительно к операциям врезного бесцентрового шлифования, на основе реализации группирования способов обработки, открывают возможности комплексного подхода к созданию систем автоматизированного проектирования технологических операций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога / под общей ред. А. Г. Суслова. – М. : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.
2. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения / В. Ф. Безъязычный. – М. : Машиностроение, 2013. – 568 с.
3. Суслов, А. Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 2002. – 684 с.
4. Ашкиназий, Я. М. Бесцентровые шлифовальные станки. Конструкция, обработка и правка / Я. М. Ашкиназий. – М. : Машиностроение, 2003. – 352 с.
5. Бочкарев, П. Ю. Системное представление планирования технологических процессов механообработки / П. Ю. Бочкарев // Технология машиностроения. – 2002. – № 1. – С. 10–14.
6. Малинин, П. В. Структуризация способов бесцентрового шлифования с использованием кластерного анализа / П. В. Малинин, П. Ю. Бочкарев // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 8 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – С. 36–39.
7. Малинин, П. В. Совершенствование технологической подготовки операций бесцентрового шлифования / П. В. Малинин, П. Ю. Бочкарев, Л. Д. Ульянова, В. В. Шалунов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2022. – № 4(64). – С. 147–160.
8. Бочкарев, П. Ю. Структуризация базы данных в САПР ТП с использованием аппарата кластерного анализа / П. Ю. Бочкарев // Вестник машиностроения, № 3, 1999. – С. 51–55.
9. Митин, С. Г. Определение рациональных уровней отсева вариантов проектных решений в системе автоматизированного планирования технологических процессов / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев, В. В. Шалунов, И. А. Разманов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2021. – № 3 (57). – С. 48–56.
10. Митин, С. Г. Разработка моделей и методик автоматизации проектных процедур для проектирования технологических операций со сложной структурой / С. Г. Митин, П. Ю. Бочкарев // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 2. – С. 45–51.

УДК 621.91.01

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-25-28

Ю. Л. Чигиринский, Д. В. Крайнев, Нгуен Тиен Зунг, Н. В. Чигиринская **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНОЙ ОСНАСТКИ ТОКАРНОГО СТАНКА** **ДЛЯ АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННОГО ФОНА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ**

Волгоградский государственный технический университет
E-mail: Julio-Tchigirinsky@yandex.ru

Предиктивное техническое обслуживание – это стратегия упреждающего обслуживания, в которой используются инструменты мониторинга состояния для обнаружения признаков повреждений, отклонений от нормы и производительности оборудования. Наиболее часто используемым методом анализа состояния вращающихся частей является анализ вибрации. Большинство инструментов анализа сигналов сегодня используют быстрое преобразование Фурье (БПФ), которое является частным случаем обобщенного дискретного преобразования Фурье и преобразует сигнал вибрации из его представления во временной области в эквивалентное представление в частотной области. В этой статье основное внимание уделяется использованию дискретного преобразования Фурье для анализа сигнала механической обработки.

Ключевые слова: лезвийная обработка, информационный сигнал, вибрационный фон, дискретное преобразование Фурье.

Ju. L. Tchigirinsky, D. V. Krainev, Nguyen Tien D., N. V. Chigirinskaya **USE OF STANDARD EQUIPMENT OF A LATHE TO ANALYZE** **THE VIBRATION BACKGROUND OF THE CUTTING PROCESS**

Volgograd State Technical University

Predictive maintenance is a proactive maintenance strategy that uses condition monitoring tools to detect signs of damage, abnormalities, and equipment performance. The most commonly used method for rotating machines is vibration analysis. The most commonly used method for condition analysis of rotating parts is vibration analysis. Most signal analysis tools today use the fast Fourier transform (FFT), which is a special case of the generalized discrete Fourier transform and converts a vibration signal from its time domain representation to an equivalent frequency domain representation. This article focuses on the use of discrete Fourier transform for machining signal analysis.

Keywords: turning, information signal, vibration background, discrete Fourier transform.

Обсуждая возможность «интеллектуализации» цифровых технологических систем металлообрабатывающего производства, исследователи неизбежно приходят к необходимости анализа информационной картины совокупности взаимосвязанных и взаимовлияющих явлений, в целом составляющих процесс механической обработки: теплофизических, электромагнитных, химических, механических и др. Почему в настоящее время для анализа состояния сложных технологических систем выбирают именно вибрационную диагностику? Ответ на этот вопрос заключается в понятии «универсальность». Колебательные процессы сопровождают функционирование любых механических и мехатронных систем, начиная от простейших подшипниковых узлов до сложных технических систем, таких как многоступенчатые редукторы, электро- и газотурбинные двигатели, насосы, тяжелые металлорежущие станки и т. д. Вибрационный сигнал является отражением колебательных процессов.

Решение применить для оценки состояния технической системы анализ вибрационных сигналов, сопровождается следующими вопросами:

- какие характеристики сигнала измерять? Виброперемещения (амплитуды), виброскорость или виброускорение?

- какой сигнал получить: спектр, фазу, огибающую?

- какие фильтры использовать для первичного анализа? Частотные фильтры, отсекающие предельные низкие или высокие частоты? Полосовые фильтры? Какие границы полосового фильтра задать?

- какие аналитические методы использовать для диагностики? Анализ частотного спектра для диагностики ошибок? Или фазовый анализ для определения ошибок для подобных спектров?

Измерения можно проводить на корпусах подшипников машин с помощью акселерометров (сейсмических или пьезоэлектрических датчиков) для измерения вибраций корпуса, а на подавляющем большинстве ответственных машин – с помощью вихретоковых датчиков, которые непосредственно измеряют радиальные (прежде всего) и осевые смещения вращающихся валов. Уровень вибрации можно сравнивать с эталонными базовыми значениями, определенными по серии предыдущих запусков и остановок, а в некоторых случаях – с установленными нормами, такими как изме-

нения нагрузки, чтобы оценить существенность отклонений от установившегося режима работы машины. Производители машин и деталей также определяют пределы вибрации на основе конструкции машины или внутренних частей, например, оговаривают в технической документации диапазоны частот, соответствующих определенным неисправностям подшипников.

Интерпретация полученного вибрационного сигнала – сложная процедура, требующая специальной подготовки и опыта. Достаточно часто рассматривается исследование отдельных частот [5], присутствующих в полигармоническом сигнале. Эти частоты соответствуют определенным механическим компонентам или определенным неисправностям. Например, повышенная амплитуда вибрации на частоте, соответствующей скорости вращения вала, чаще всего возникает из-за остаточного дисбаланса и исправляется балансировкой. С другой стороны, разрушающийся подшипник качения обычно проявляет сигналы вибрации на определенных частотах, интенсивность которых увеличивается по мере его износа. Специальные инструменты анализа позволяют получить предиктивную оценку возможной угрозы, что, в свою очередь, позволит избежать серьезных последствий. В зависимости от типа технической системы и ее структуры, зная взаимосвязь типичных неисправностей с количественными характеристиками вибрационных процессов, можно, применяя методы математического и компьютерного моделирования – исследование сигнала во временной области, фазовое соотношение между компонентами вибрации и синхронизация метки на валу машины (ключевой индикатор), накопленные усредненные тенденции уровней вибрации, форма вибрационного сигнала и множество других аспектов сигнала, – получить дополнительную информацию [6] о системе: нагрузку, температуру подшипников, скорость потока рабочей среды, и др. Частотный анализ, как правило, наиболее эффективен для оценки состояния технических систем, в которых основные причины отказов связаны с износом (или разрушением) тел трения или качения. Названные выше методы и средства для фиксации и анализа вибрационного спектра, как правило, являются «внешними элементами» по отношению к исследуемой машине.

Отметим, что технологическая система в механообрабатывающем производстве представляет собой техническую систему, результатом

нормального функционирования которой является процесс прогнозируемого циклического разрушения только некоторых определенных элементов системы. Основная задача, решаемая при диагностике процесса резания, заключается в выявлении сигналов, отражающих повышение интенсивности изнашивания или вероятности разрушения остальных элементов системы.

Известно, что любой, привнесенный в систему извне элемент, усложняет эту систему и изменяет общую информационную картину. В данной работе исследуется возможность оценки состояния технологической системы средствами только самой технологической системы – без применения «внешних» датчиков.

Общие условия эксперимента: процесс наружного точения предварительно упрочненной заготовки, обрабатываемый материал – сталь 12X18H10T, диаметр заготовки 121 мм, глубина предварительной пластической деформации

$h_{\text{плд}}=0,7$ мм, глубина резания $t=0,5$ мм, скорость резания $V=180$ м/мин, скорость продольной подачи $S=0,05$ мм/об. Оборудование: станок токарно-револьверный OKUMA GENOS L300M. Для анализа вибрационной картины процесса используются записи сил резания (рис. 1, а), получаемые с помощью штатного динамометрического оборудования станка. Частота дискретизации $f=5$ кГц. Запись силы произведена в течение 3 секунд установившегося резания.

Амплитудно-частотная характеристика сигнала для трех составляющих силы резания получена в результате применения быстрого преобразования Фурье [1, 2]. Численный анализ произведен с использованием программных средств Matlab [3] или Mathcad [4]. Спектр получается из формы сигнала с помощью математического расчета, известного как быстрое преобразование Фурье (БПФ). Для решения задачи можно применить программное обеспечение

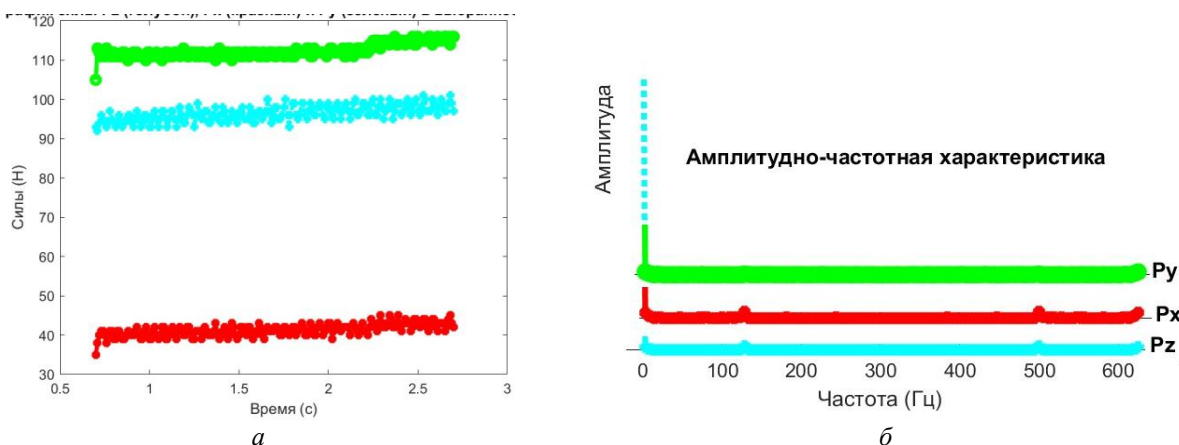


Рис. 1. Осциллограммы (а) и АЧХ (б) составляющих силы резания

На АЧХ осевой (P_x) и тангенциальной (P_z) составляющих силы резания отчетливо заметны повышения амплитуды в полосах частот 110...130 Гц и 480...520 Гц. Кроме того, на АЧХ всех составляющих силы резания присутствует локальный «пик» на частоте, близкой к нулю. На остальных частотах измеренного спектра вибрационный сигнал представляет собой запись «белого шума» – можно считать, что определенная информация о состоянии технологической системы содержится в полосах, отмеченных локальными «пиками».

Для сравнения показаны осциллограммы (рис. 2), полученные с помощью виброметра

ZETLAB. Место установки измерительного датчика – на револьверной головке токарного станка, – выбрано в результате предварительных экспериментов по оценке информативности сигнала и с учетом безопасности процесса.

Анализируя осциллограмму (рис. 2, а), которая представляет собой графическое изображение полигармонического сигнала, можно выделить несущую (или модулирующую) частоту, которая дает наибольший вклад в амплитуду суммарного сигнала – частоту колебаний, формируемых вращением шпинделя токарного станка (1).

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 180}{\pi \cdot 120} \approx 480 \text{ (об/мин)} \Rightarrow f_k = \frac{n}{60} \approx \frac{480}{60} = 8 \text{ Гц} \quad (1)$$

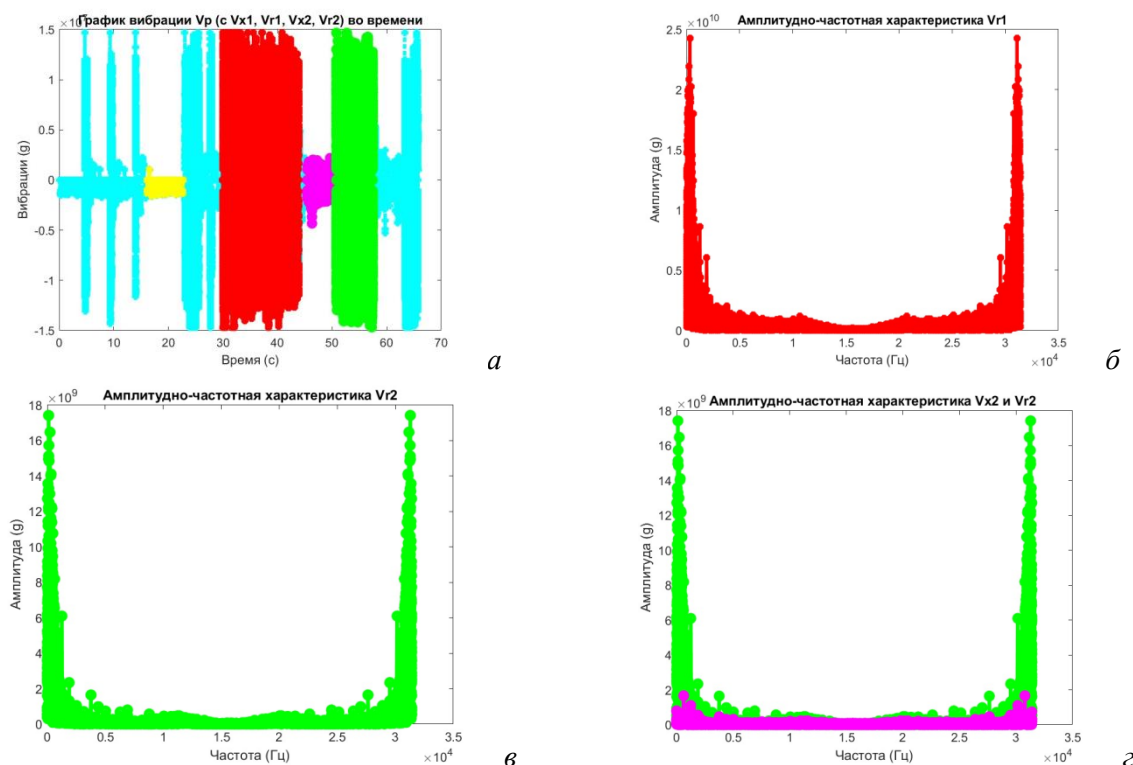


Рис. 2. Запись колебаний технологической системы токарного станка

Эти низкочастотные колебания присутствуют в вибрационном сигнале всегда (рис. 1, 2). Прослеживается аналогия в расположении локальных максимумов на АЧХ, полученных с помощью специализированного оборудования (рис. 2) и штатными средствами металлорежущего станка (рис. 1).

Вопрос о верхней границе диапазона частот, генерируемых технологической станочной системой во время работы, может быть решен исходя из теоремы Котельникова [7] о дискретизации сигнала. Максимальная достоверно измеряемая частота определяется дискретностью аналогового сигнала, записанного с помощью датчиков виброметра – прибора для измерения вибраций, или иного прибора, регистрирующего частотный спектр работы оборудования. Учитывая, что измерения сил резания выполняются штатной тензометрической системой токарного станка с периодичностью $2 \cdot 10^{-4}$ сек, верхний порог измеряемых частот определится в соответствии с (2)

$$f_1 < \frac{f}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ кГц} \quad (2)$$

Таким образом, измерения и анализ полигармонического сигнала вибрационной карти-

ны резания можно проводить только в пределах полосы частот $\sim 5 \dots 2500$ Гц. Все остальные члены разложения Фурье, отражающие частоты более 2,5 кГц, будут недостоверными.

Следует отметить, что для анализа вибрационной картины процесса резания в указанном диапазоне частот достаточно штатной оснастки серийно выпускаемого оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оберхеттингер, Ф. Преобразования Фурье распределений и их обращения / Ф. Оберхеттингер. – Издательство «Наука», 1979. – 248 с
2. Джесси Рассел, Рональд Кон. Дискретное преобразование Фурье, Bookvika publishing, 2012. – 102 с.
3. Дьяконов, В. П. MATLAB Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. – Москва, 2012.
4. Кирьянов, Д. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0 / Д. Кирьянов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.
5. Steve Goldman. Vibration spectrum analysis: a practical approach, Industrial Press Inc, 1991. – 240 с.
6. Victor Wowk. Machinery vibration measurement and analysis, McGraw-Hill Inc, 1991. – 358 с.
7. Котельников, В. А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи / В. А. Котельников // Всесоюзный энергетический комитет : матер. к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботорочной промышленности, 1933. Репринт статьи в журнале УФН, 176:7 (2006). – С. 762–770.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 681.532.6

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-29-32

Н. М. Айсин, Д. С. Лопушков, Н. В. Тришин, А. М. Макаров

РАЗРАБОТКА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

Представлены результаты разработки испытательного пневматического автоматизированного стенда, предназначенного для исследования элементов пневмоавтоматики и обучения студентов и слушателей. Пневматический стенд представляет собой наборное поле, на котором закреплены исполнительные элементы (пневмоцилиндры), а также могут устанавливаться различные элементы системы управления (пневмораспределители с механическим, пневматическим и электроуправлением, логические элементы и др.).

Ключевые слова: пневматический стенд, испытание, обучение, моделирование, пневмоцилиндр, пневмораспределитель, система управления.

N. M. Aisin, D. S. Lopushkov, N. V. Trishin, A. M. Makarov

DEVELOPMENT OF A TEST TRAINING STAND FOR PNEUMATIC AUTOMATION EQUIPMENT

Volgograd State Technical University

The results of the development of a test pneumatic automated stand designed to study the elements of pneumo-automation and teaching students and trainees are presented. The pneumatic stand is a set field on which actuating elements (pneumatic cylinders) are fixed, and various elements of the control system (pneumatic distributors with mechanical, pneumatic and electric control, logical elements, etc.) can also be installed.

Keywords: pneumatic stand, testing, training, models-control, pneumatic cylinder, pneumatic distributor, control system.

В современном мире системы автоматизации на базе пневматических средств стали неотъемлемой частью многих технологических процессов и производственных операций. Эффективность и надежность таких систем управления являются критическими факторами для обеспечения высокой производительности предприятий. Для повышения качества и эффективности работы персонала требуется качественное обучение специалистов как по основным образовательным программам университета, так и в виде повышения квалификации в рамках дополнительного профессионального образования. Для этого необходимы практические занятия с использованием оборудования (лабораторных стендов и т. д.), построенного на современной элементной базе. В этом заключается актуальность данной работы.

Целью данной работы являлось повышение эффективности обучения специалистов в области пневматических средств автоматизации за счет разработки универсального пневматического стенда.

Для достижения данной цели спроектирован пневматический стенд, подобрано оборудование и комплектующие для его изготовления, произведена сборка и пуско-наладка стенда, подготовлено методическое обеспечение и инструкция по эксплуатации.

Пневматический стенд (рис. 1) состоит из монтажной панели и набора типовых элементов промышленного пневмопривода. Монтаж элементов на панелях обеспечивает различные требуемые связи между ними. Из элементов могут быть построены пневматические схемы, имитирующие работу различного оборудования в ручном и автоматическом режимах.

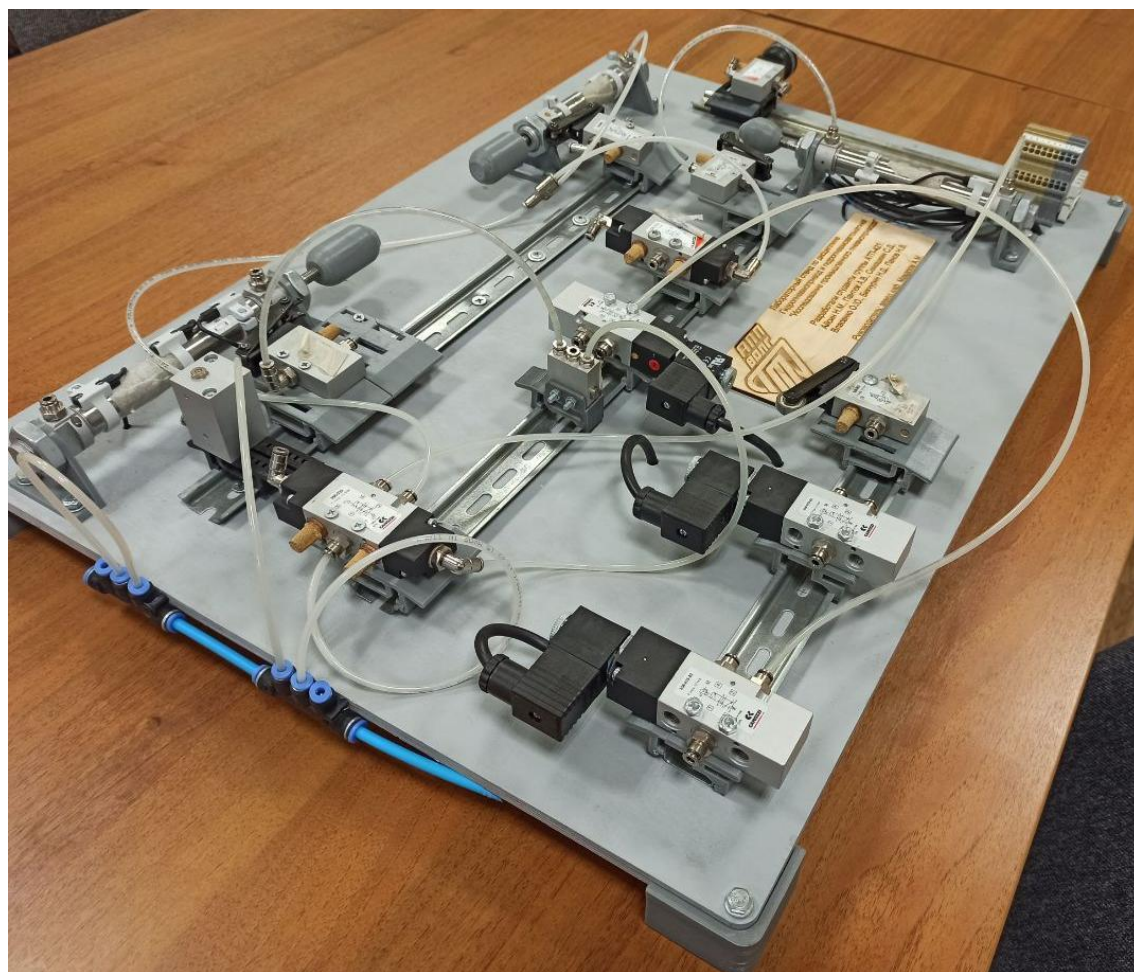


Рис. 1. Внешний вид пневматического стенда

Набор элементов, расположенных на панели, позволяет собрать пневмосхему с одним, двумя или тремя исполнительными механизмами. В качестве примера приведем алгоритм при моделировании работы многошпиндельной инструментальной головки (рис. 2).

Перемещение инструментальной головки в процесс обработки возможно только после закрепления детали с помощью пневмоцилиндра 1. В исходном положении пневмораспределители 4 и 8 находятся соответственно в крайних левом и правом положениях. При этом воздух из магистрали поступает в штоковые полости пневмоцилиндров.

При нажатии на кнопку «Пуск» пневмораспределителя 3 воздух поступает в левый управляющий канал пневмораспределителя 4 и переключает его, соединяя поршневую полость пневмоцилиндра 1 с магистралью. Поршень пневмоцилиндра переместится и осуществит зажим заготовки. В конце хода шток цилиндра 1 воздействует на ролик пневмораспределителя 5, который подаст управляющий сигнал в пнев-

мораспределитель 8 и переключит его в крайнее левое положение. Воздух из магистрали поступит в поршневую полость пневмоцилиндра 2 и осуществит перемещение инструментальной головки. Скорость перемещения поршня пневмоцилиндра 2 определяется настройкой дросселя 9, включенного в магистраль, подключенную к его штоковой полости.

В конце хода шток пневмоцилиндра 2 воздействует на пневмораспределитель 6, который подает сжатый воздух в управляющий канал пневмораспределителя 8, переключая его в крайнее правое положение. Воздух из магистрали поступает в штоковую полость цилиндра 2 и осуществляет отвод инструментальной головки. Причем в этом случае воздух поступает в полость, минуя дроссель 9, через обратный клапан. В конце хода шток пневмоцилиндра 2 нажимает на ролик пневмораспределителя 7, который переключит пневмораспределитель 4 в крайнее левое положение. Поршень пневмоцилиндра 1 возвращается в исходное положение. На этом цикл заканчивается.

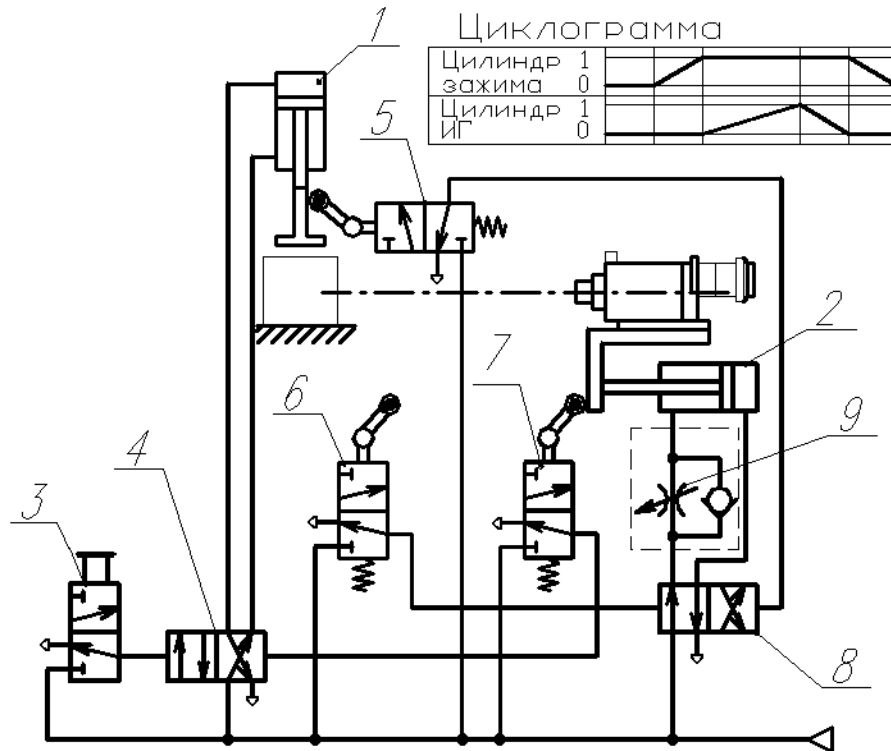


Рис. 2. Пневматическая схема и циклограмма управления многошпиндельной инструментальной головкой:
1 – пневмоцилиндр зажима; 2 – пневмоцилиндр инструментальной головки;
3..8 – пневмораспределители различного типа; 9 – дроссель с обратным клапаном

Разработаны учебно-методические материалы для сопровождения образовательного процесса с использованием данного стенда и инструкция по его эксплуатации.

При работе со стендом необходимо ознакомиться с лабораторной панелью и комплектующими ее элементами, осуществить монтаж аппаратуры на панели с помощью соединительных трубопроводов согласно варианту схемы, полученной у преподавателя. Затем необходимо установить штоки пневмоцилиндров в исходное положение и подать давление сжатого воздуха на коллектор панели. Переключением соответствующего пневмораспределителя необходимо включить в работу собранную на панели пневмосхему, проверить соответствие рабочих движений исполнительных механизмов циклограмме. Изменяя проходное сечение пневмодросселя определить среднюю скорость движения соответствующего пневмоцилиндра. Время движения фиксировать по секундомеру. После этого можно повторить данное действие еще для двух положений дросселя. Также можно осуществить пуск схемы в автоматическом режиме и проверить соответствие движений исполнительных механизмов циклограмме.

В перспективе на данном стенде может быть реализован автоматический или ручной

режим работы с управлением от программируемого логического контроллера. Для этого в стенде предусмотрены датчики положения магнитных поршней пневмоцилиндров и пневмораспределители с электроуправлением, связанные с блоком клемников. Подключение дополнительного модуля, включающего ПЛК, модули ввода/вывода, тумблеры и сигнальные лампы, позволяет продублировать все функции стенда в режиме управления от ПЛК. Это значительно расширяет функциональные возможности устройства и навыки, которые приобретают студенты и слушатели при работе с данным испытательным учебным стендом.

Данная разработка может быть использована на различных предприятиях и в учебных организациях, осуществляющих подготовку и переподготовку специалистов в области автоматизации технологических процессов и производств.

Данный стенд внедрен в образовательный процесс кафедры автоматизации производственных процессов и используется для проведения лабораторных работ по дисциплине «Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика» для студентов бакалавриата по направлениям 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 27.03.04 Управление в технических системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров, А. М. Практические занятия по дисциплине «Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика» / А. М. Макаров, Я. В. Калинин, Э. Ц. Галсанова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – 96 с.
2. Донской, А. С. Основы пневмоавтоматики : учеб. пособие / А. С. Донской. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 77 с.
3. Певзнер, М. Б. Пневматические приводы. Основы. Применение. Расчет / М. Б. Певзнер. – 1992. – 82 с.
4. Захаров, И. П. Системы пневматического привода / И. П. Захаров. – 2001. – 115 с.
5. Присмотров, Н. И. Обобщенная теория электро-, гидро- и пневмопривода : учеб. пособие : в 2 ч. / Н. И. Присмотров. – Киров : ВятГУ, 2022. – Ч. 1 : Механическая часть привода. Электро-, гидро- и пневмомеханические и механические характеристики двигателей. Установившиеся и переходные режимы работы привода. Разомкнутые системы регулирования координат. – 2022. – 648 с.

УДК 621.865.8

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-32-34

*Е. А. Дьяченко, М. Ю. Козенко, А. М. Макаров***РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА 3D-ПРИНТЕРА
НА БАЗЕ ПРОМЫШЛЕННОГО SCARA-РОБОТА****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: zhenya.dyachenko.1999@gmail.com

Разработана 3D-модель, изготовлен и собран прототип 3D-принтера с кинематикой SCARA-робота. Устройство оснащено автоматизированной системой управления. Оно может использоваться для проведения исследований характеристик 3D-печати и в учебных целях.

Ключевые слова: 3D принтер, SCARA-робот, учебные стенд, автоматизированное управление, прототип.

*Е. А. Dyachenko, M. Yu. Kozenko, A. M. Makarov***DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE 3D PRINTER BASED
ON THE INDUSTRIAL SCARA-ROBOT****Volgograd State Technical University**

A 3D model has been developed, a prototype of a 3D printer with the kinematics of a SCARA robot has been manufactured and assembled. The device is equipped with an automated control system. It can be used to conduct research on the characteristics of 3D printing and for educational purposes.

Keywords: 3D printer, SCARA robot, training stand, automated control, prototype.

В последние годы становится очевидным быстрое развитие аддитивных технологий и роботизированных промышленных систем. Они активно внедряются в технологические процессы на предприятиях [1]. Обучение студентов работе с современными роботами, мехатронными и робототехническими комплексами, способам их настройки, программирования и эксплуатации является важной и актуальной задачей. Также важной задачей является поиск новых решений в области аддитивного производства, позволяющих повысить производительность или качество процесса в целом. Создание недорогих работоспособных прототипов таких устройств позволяет наглядно продемонстрировать на практике их конструктивные особенности и обучить принципам управления [2–3].

Целью работы является проектирование и изготовление рабочего прототипа лабораторного стенда в виде роботизированной руки с приводами от шаговых двигателей с микро-

процессорной системой управления. За основу использовался проект робота-сортировщика с кинематической схемой SCARA. При этом большая часть комплектующих была изготовлена с помощью аддитивных технологий.

Общий вид (3D модель)стенда представлен на рис. 1. Данный лабораторный стенд разработан для практической апробации полученного решения [4]. Он представляет собой прототип устройства для объемной печати, созданный на основе *Morgan Scara*-робота.

Основанием для всего стенда служит пластина 1 из листового металла толщиной 6 мм, на нее крепятся остальные компоненты. На колонне 2 крепится механизм *Morgan Scara*-робота 3. Именно этот механизм реализует перемещение рабочего органа в плоскости XY. Для передвижения по оси Z используется механизм ременной передачи 4, состоящей из привода 5 с шаговым двигателем типа 17HS4401, ремня типа GT2-6, ответного шкива, собранного из двух подшипников F694 ZZ, и распечатанной кареткой.

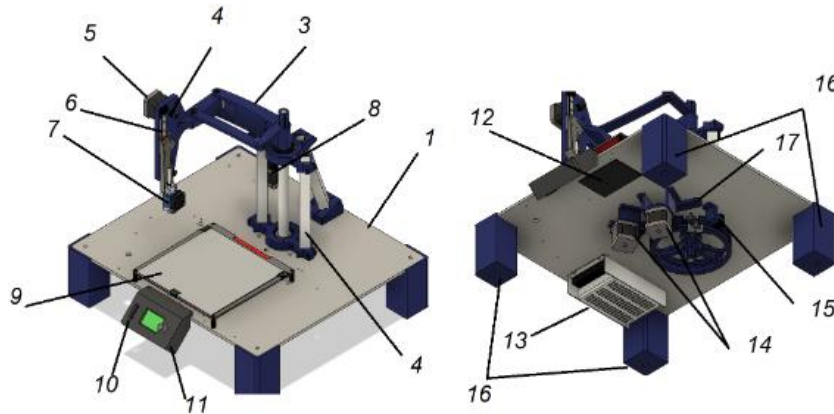


Рис. 1. Общий вид (3D модель)стенда

Каретка Z передвигается по линейной направляющей 6 типа MGN9. На каретке Z закреплен рабочий орган, для устройств объемной печати его принято называть экструдером. В данном случае используется экструдер типа Bowden, его отличие от типа Direct в том, что *hotend*7 нагревательная головка отделена от фидера 8 механизма подачи филамента.

Нагревательный стол 9 – платформа, на поверхности которой формируется изделие, закреплен на основании 1. Он установлен на пружинах с возможностью подстройки для обеспечения перпендикулярности между поверхностью стола и соплом *hotenda*.

Для автономной работы стенда без подключения его к компьютеру на основании 1 установлена накладка монитора 10 с монитором 11 типа *mini 12864*. Он способен воспроизводить управляющие программы в виде *G-code*, записанные на SD карту. Для управления всем стен-

дом выбрана управляющая плата 12 *SKR Mini E3*. Для питания всех систем был выбран блок питания 13 *Irs-200-12*.

В качестве приводов механизма *Morgan Scara*-робота 14 выступают шаговые двигатели типа 17 *HS4401*. В качестве датчиков обратной связи 15 выступают механические конечные выключатели *MSW-13*. Для общей устойчивости лабораторного стенда он расположен на ножках 16, изготовленных методом аддитивных технологий. Для натяжения ремней используется специальные натяжители 17 в виде дополнительного шкива.

Управление стендом осуществляется системой управления, включающей комбинацию плат *BIGTREE TECH SKR MINI E3 V3* [5], (рис. 2). Питание подается на соответствующие клеммы платы *BIGTREE TECH SKR MINI E3 V3*, а связь с ПК осуществляется с помощью USB-кабеля.

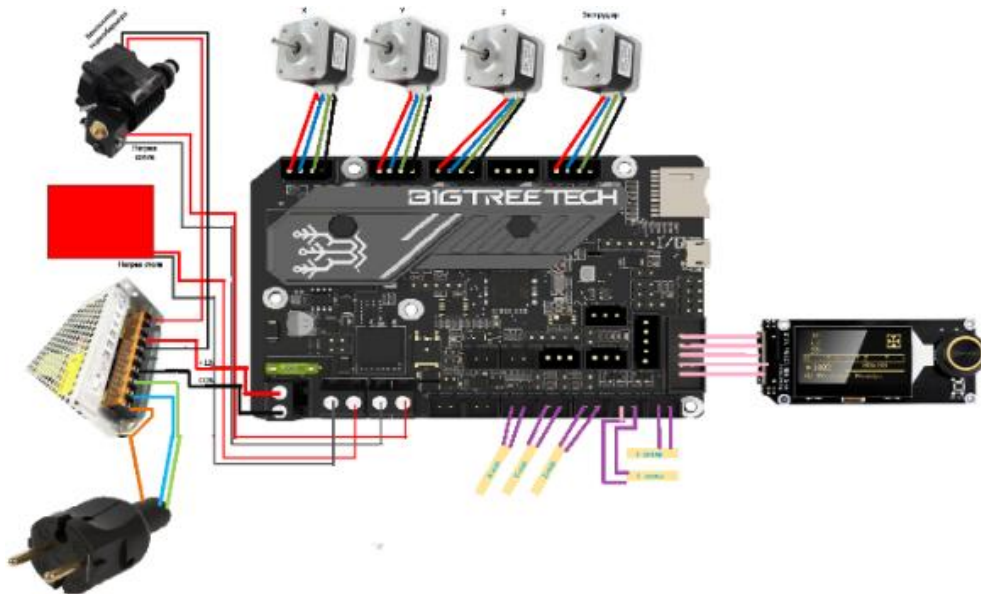


Рис. 2. Схема подключения всех электронных компонентов

В результате был получен прототип устройства для аддитивного производства, работающий по кинематике *Scara*-робота, который представляет полноценный лабораторный стенд, позволяющий проводить исследование режимов работы подобных систем, а также обучать основам конструирования, изготовления, обслуживания, наладки и программирования роботизированных устройств.

Разработаны методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов, а стенд внедрен в учебный процесс и используется на кафедре автоматизации производственных процессов при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплине «Промышленные роботы» в рамках подготовки бакалавров по направлениям 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств и 27.03.04 Управление в технических системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 3D-принтеры с разной кинематикой: сравнение, плюсы и минусы // top3dshop.ru URL: <https://top3dshop.ru/blog/types-of-fdm-3d-printer.html?ysclid=lix04oqcjo98646681>.
2. Промышленные роботы и роботизированные технологические комплексы : учеб. пособие / А. С. Сергеев, А. М. Макаров, С. Г. Поступаева, Ж. С. Тихонова ; ВолГТУ. – Волгоград, 2018. – 127 с.
3. Макаров, А. М. Исследование роботизированной ячейки на базе промышленного робота KUKA : учеб. пособие / А. М. Макаров, А. К. Иванюк, С. Г. Поступаева ; ВолГТУ. – Волгоград, 2021. – 128 с.
4. Разработка и исследование автоматизированного лабораторного стенда на базе макета промышленного робота “SCARA” / Е. А. Дьяченко, М. Ю. Козенко, Р. М. Сальников, А. М. Макаров // Известия ВолГТУ : научный журнал № 3 (250) / ВолГТУ. – Волгоград, 2021. – С. 56–59.
5. Плата управления Bigtreotech SKR Mini E3 V.3.0// 3drob.ru: Технические характеристики. – 2023. – Режим доступа: https://3drob.ru/elektronika_dlya_3d_printerov/platy_upravleniya/plata_upravleniya_bigtreotech_skr_mini_e3_v30.

УДК 622.691

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-34-37

А. А. Иванов, А. Д. Редько, С. В. Шостенко

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПРЕССОРА ВБЛИЗИ ГРАНИЦ ПОМПАЖА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛЯТОРА

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

В статье описана методика исследования компрессора газоперекачивающего агрегата в программном пакете Aspen HYSYS.

Ключевые слова: компрессор, помпаж, регулятор, клапан антипомпажный.

A. A. Ivanov, A. D. Redko, S. V. Shostenko

SIMULATION OF COMPRESSOR OPERATION CLOSE TO SURGE LIMITS AND DETERMINATION OF ANTI-SURGE REGULATOR PARAMETERS

Volgograd State Technical University

The article describes methodology for the study compressor's gas pumping unit in the Aspen HYSYS software.

Keywords: compressor, surge, regulator, anti-surge valve.

До момента возникновения помпажа теория центробежных и осевых компрессоров достаточно глубоко разработана, и аналитические модели, описывающие рабочие режимы компрессора, широко используются заводами-изготовителями компрессоров при проектировании машин на заданные параметры технологического процесса [1].

Что касается поведения компрессора вблизи границы помпажа, то здесь чаще используются экспериментальные методы и эмпирические зависимости. В настоящее время для моделиро-

вания поведения компрессора в различных сценариях используется специализированное программное обеспечение.

Система защиты от помпажа играет ключевую роль в управлении компрессором, предотвращая возможность помпажа. Основная функция антипомпажного регулятора заключается в определении положения рециркуляционного клапана, который соединяет вход и выход газового компрессора. При этом, параметры технологического процесса сжатия газа соответственно также изменяются. Опираясь на данные

процесса, производится вычисление текущего параметра для заданного контура управления.

Для каждой скорости работы компрессора можно определить специфическую кривую. Эта кривая описывает все рабочие точки компрессора. Каждая из этих кривых имеет свои границы в отношении точки помпажа и соответствующего максимального политропного напора.

Положение антипомпажного клапана регулируется стандартным ПИ-регулятором. Он использует параметр (*Parameter*) и запас по помпажу b в качестве текущего значения и установки соответственно для ПИ-регулятора. Регулятор антипомпажной защиты получает сигналы датчиков расхода, давления во всасывании и в нагнетании, сигналы по температуре. На основе информации, получаемой от датчиков, программа вычисляет координаты рабочей точки нагнетателя и рассчитывает фактическое положение границы помпажа.

Если рабочая точка приближается к линии

управления, ПИ-регулятор открывает перепускной клапан, чтобы предотвратить дальнейшее приближение к пределу помпажа. Но для технологического процесса компримирования газа применение одного лишь ПИ-регулирования является недостаточным, так как данный регулятор должен выполнять также защитные функции.

Для моделирования и анализа работы компрессора вблизи границ помпажа и определения параметров антипомпажного регулятора использовано программное обеспечение *HYSYS*, разработанное компанией *AspenTECH* [2]. Работы выполнены в демо-версии данного пакета.

Методика исследования включает следующие этапы:

Первый этап – ввод данных о компонентном составе газа. На рис. 1 представлен процесс добавления компонентов. Также на данном этапе нужно задать пакет свойств: уравнения состояния Пенга-Робинсона.

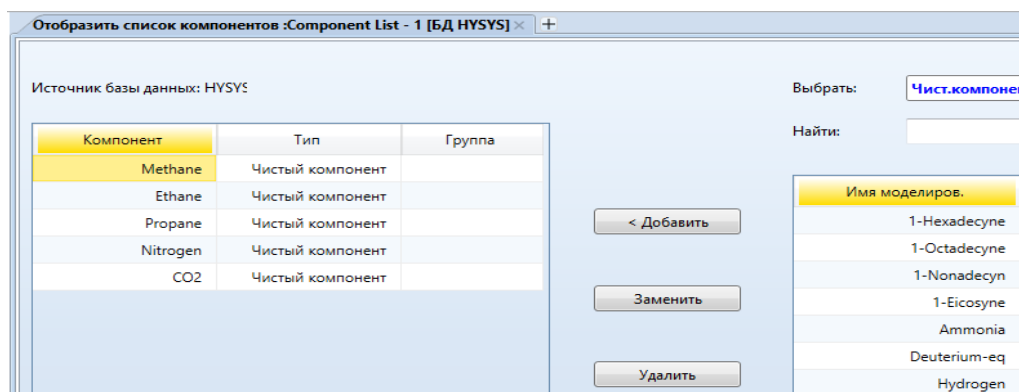


Рис. 1. Компонентный состав газа

Второй этап – создание схемы работы компрессора и задание необходимые значений параметров потоков на входе и выходе нагнетателя. На рис. 2 представлена созданная в *HYSYS*

схема компрессора. На рис. 3 изображен вид окна с введенными параметрами потока газа на входе и выходе нагнетателя.

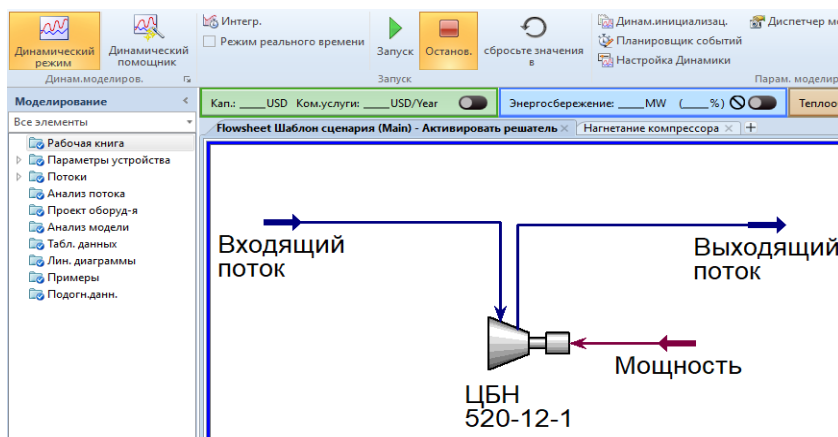


Рис. 2. Схема работы компрессора в *Hysys*

Третий этап – добавление кривых скоростей, помпажа и «stonewall». Значения точек

кривых берутся из каталога газодинамических характеристик компрессоров [3].

Материальный поток: Нагнетание газа		
Таблица	Вложения	Динамика
Таблица		
Условия	Название потока	Нагнетание газа
Свойства	Паровая / фазовая фракция	1,0000
Состав	Температура [C]	35,00
Подача нефти и газа	Давление [kPa]	5600
Площадь нефтепродукта	Мольный расход [kgmole/h]	1576

Рис. 3. Параметры входящего и выходящего потока газа

Четвертый этап – строится технологическая схема, включающая трубы, антипомпажный клапан и регулятор, охладитель и т. д. Изо-

бражение технологической схемы, включающей антипомпажный контур, представлено на рис. 4.

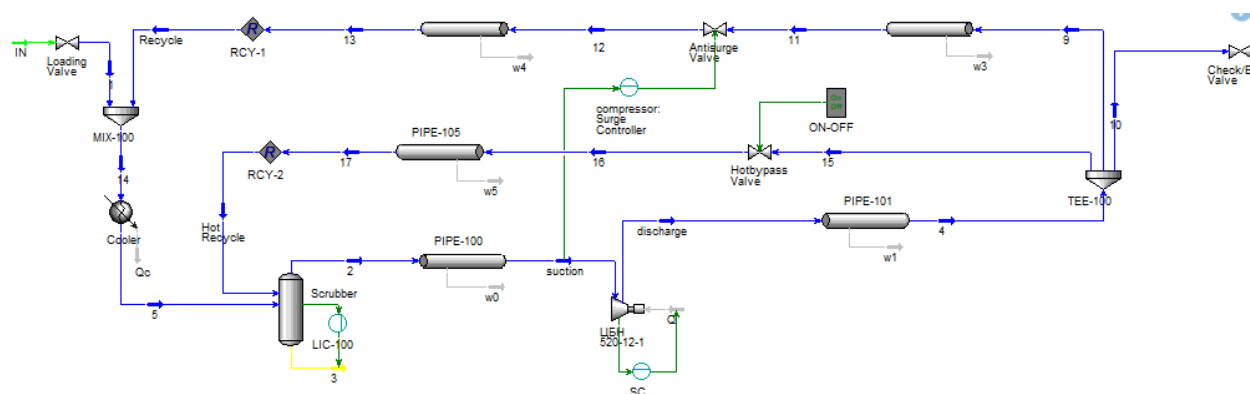


Рис. 4. Технологическая схема нагнетания

Пятый этап – задание параметров антипомпажного клапана и регулятора. В расчете для клапана использовано рассчитанное ранее значение коэффициента расхода $C_v = 2000$. В параметрах регулятора необходимо указать

только значения положения линии управления и резервной линии, остальные параметры рассчитываются автоматически. Результаты расчета параметров регулятора представлены на рис. 5.

Контрольные параметры подавления пульсаций	
Параметр А [m]	-0,277212
Параметр Б [m/(m3/s)]	0,445327
Параметр С [m/(m6/s2)]	923,993
Линия управления [%]	10,00
Резервная линия [%]	5,00
Быст. откр. [%/s]	500,0

Подходящие параметры управления

ОК

Рис. 5. Параметры антипомпажного регулятора

Шестой этап – моделирование процессов в динамике. Выбирается режим динамического моделирования и выбираем для анализа один из сценариев аварийных ситуаций. На рис. 6 изо-

бражено регулирование положения рабочей точки нагнетателя в сценарии «Аварийный останов», при котором регулятор в момент аварийной ситуации резко откроет антипомпаж-

ный клапан для предотвращения помпажа. Как видно из графика, в момент останова положение рабочей точки не будет выходить за пределы зоны поиска, что говорит о стабильности системы и эффективности работы антипомпаж-

ной системы регулирования. На рис. 7 изображен график положения открытия клапана.

Также было проведено моделирование процессов в ГПА по сценариям: «Контролируемое выключение», «Сбой в клапане нагнетания».

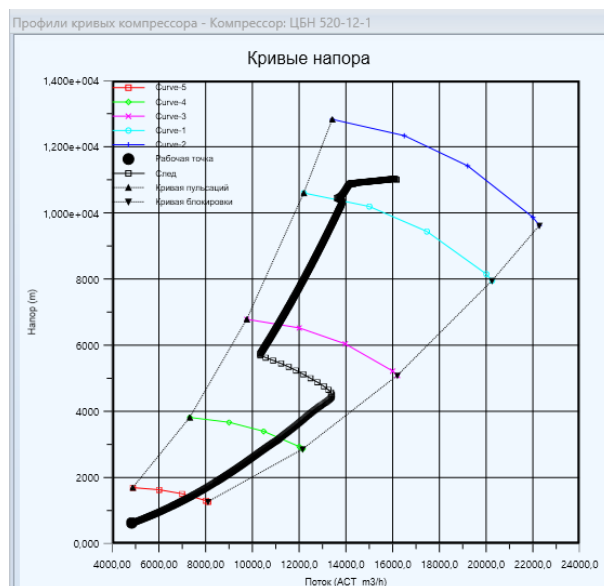


Рис. 6. График сценария «Аварийный останов»

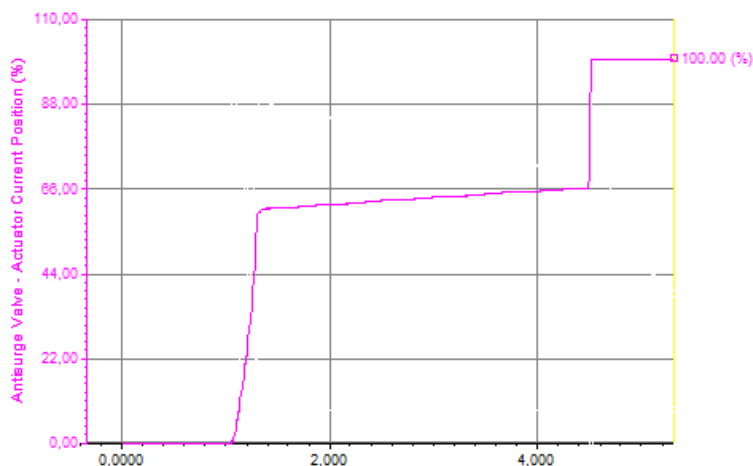


Рис. 7. График открытия антипомпажного клапана

Анализ функционирования нагнетателя на различных режимах позволяет оценить эффективность выбора клапана и определить параметры регулятора, входящего в состав САУ газоперекачивающего агрегата различных моделей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батаев, Н. А. Моделирование режимов работы газотурбинной компрессорной установки / Н. А. Батаев, Т. Т. Шуватов, А. Р. Кузыргалиев // Вестник КазНУ. – 2018. – Т. 6, № 130. – С. 227–234.
2. AspenHYSYS. Программное обеспечение для симуляции процессов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-hysys>
3. КАТАЛОГ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦБН. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.turbine.ru/11791-katalog-gazodinamicheskikh-harakteristik-cbn.html>

УДК 654.071.3

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-38-39

*Д. В. Козорозов, Е. В. Стегачев***РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
РАБОТОЙ НОЖНИЦ ПОПЕРЕЧНОЙ РЕЗКИ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: app@vstu.ru

Сформулирована задача от предприятия и пути ее решения. Произведен анализ существующих патентов на тему гильотинных ножниц. Изучены ножницы поперечной резки, их типы, принципы действия и применение.

Ключевые слова: ножницы поперечной резки, гильотина, стол-рольганг.

*D. V. Kozorozov, E. V. Stegachev***DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR CONTROL
OF THE OPERATION OF CROSS-CUTTING SCISSORS****Volgograd State Technical University**

The problem from the enterprise and its solution are formulated. An analysis of existing patents on the topic of guillotine shears was carried out. Cross cutting scissors, their types, principles of operation and application have been studied.

Keywords: cross-cutting scissors, guillotine, roller table.

На предприятии АО “Корпорация Красный Октябрь” существует необходимость разработки автоматизированной системы управления работой ножниц поперечной резки для увеличения скорости и точности резки листов заданных размеров с помощью рассматриваемых в статье ножниц. Для ее решения был проведен анализ существующих конструкций, документации, патентов, статей по данной теме.

Гильотинные ножницы – это специальный станок для точной резки спрессованных отходов макулатуры, автомобильных шин, металла, литников и прочего кускового сырья. Оборудование быстро и аккуратно раскроит материал, не деформируя и не лишая первоначальных свойств.

Принцип работы гильотины: изделие рассекается по линии смыкания неподвижного нижнего и подвижного верхнего ножей. Разрез получается прямым. Максимальная толщина реза рассчитывается для стандартной прочности материала в 450 Н/мм^2 при максимально допустимой ширине самого материала.

Существуют различные варианты реализации работы рассматриваемого устройства.

Гильотина с ЧПУ – это станок, который применяется на промышленных предприятиях с использованием числового программного управления. Такая система позволяет полностью автоматизировать процесс работы с материа-

лом, будь то металл, пластик, бумага или же автомобильная крышка. Работу здесь выполняет специальная компьютерная программа по предварительно заданной оператором схеме.

Гидравлическая гильотина – это станочное оборудование с гидравлическим масляным приводом или цилиндром для обеспечения движения рубящего верхнего лезвия. Для удержания материала во время реза некоторые гильотины имеют прижим – пресс с гидравлическим приводом. Используются для резки полимерных изделий, изделий из резины и листового металла.

Комбинированная гильотина – это разновидность пресс-ножниц, которые применяются на машиностроительных заводах для нарезки полос, металлического проката, а также отрезки круга или уголка, широко применяются для резки пленки, пластиковых бутылок и труб.

Механическая гильотина – это оборудование, режущее пластик, дерево, металл, бумагу и имеющие в своей конструкции косой подвижный нож,двигающийся без применения угла наклона в рамках одной плоскости. Такой станок отличается жесткостью, обеспечивающей износостойкость.

Пневматические гильотины – это вид промышленных ножниц, который имеет в своей комплектации компрессор. Как аналог последнего используют центральную магистраль, содержащую в себе сжатый воздух. Такое оборудо-

дование относят к стационарному типу и подходит для крупносерийного производства. Обычно основную конструкцию дополняют просторными рабочими столами и конвейерами выдвижного типа. Достаточно часто такие станки оснащаются специальной системой ЧПУ, которая ускоряет процесс обработки сырья и позволяет достичь максимального результата.

Ручная гильотина со столом и креплениями для удерживания материала.

Ручная гильотина – это станок для ручной резки не больших изделий, который оснащен специальным редуктором, позволяющим обрабатывать изделия из различных твердых материалов толщиной от 1 мм.

Электромеханическая гильотина с пультом управления и регулируемые подставками для материалов.

Электромеханическая гильотина – это промышленный станок, имеющий сходные черты с гидравлическим типом. Гильотина предназначена для промышленного использования в цехах, где требуется высокопроизводительная точная резка прямолинейных заготовок большего размера и толщины. Используется такой вид гильотин и в кустарном производстве [1].

Использование гильотин на производстве значительно упрощает стандартный рабочий процесс. Конвейерный способ позволяет обработать достаточно большое количество сырья, придав им необходимую форму и размер.

Для использования в составе автоматизированных систем можно рассмотреть следующие конструктивные решения. Одним из вариантов является применение манипулятора к гильотинным ножницам, содержащий два стола, каждый из которых смонтирован на станине ножниц с возможностью поворота вокруг вертикальной оси и связан с опорой, несущей платформу, установленную на ней с возможностью поворота вокруг горизонтальной оси. Стол выполнен подъемным, а опора и платформа выполнены поворотными, каждая вокруг своей вертикальной оси, в частности при помощи силовых цилиндров. Недостатком данного устройства является сложность конструкции и не

возможность его использования для подачи разрезаемых листов металла к гильотинным ножницам.

Другой вариант – это установка для подачи листов к гильотинным ножницам, содержащая рольганги, каретку с подвижным и неподвижным захватами, упоры, вертикальные ролики центрирования листа, приводной шарнирный параллелограмм. Подвижный захват подпружинен и связан тягой с двуплечным рычагом, на конце которого установлен ролик, контактирующий с приводным шарнирным параллелограммом. Консольно на рычагах с возможностью поворота на 180 градусов и перемещения под рольганг установлены ролики центрирования листа, между рядами которых расположены съемные неподвижные ролики. Недостатком данной установки является сложность конструкции и невозможность ее использования, например, для разметки листов металла [2].

Для решения поставленной задачи необходимо подобрать оборудование, соответствующее требуемым параметрам, разработать техническую документацию. Используемое в системе управления оборудование должно иметь все необходимые статические, динамические и аварийные режимы, которые могут возникать при его эксплуатации. Также должен быть предусмотрен ручной режим управления при всех режимах работы установки. При проектировании автоматизированной системы управления работой ножниц поперечной резки должны использоваться электропривода, что позволит решить поставленную задачу, а также сократить количество травм на производстве и минимизировать отходы материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гильотина-принцип работы и виды: Официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://p-z-o.com/statiy/gilotina-cto-eto-princip-raboty-i-vidy>
2. Патент 180570. Российская Федерация, МПК B23D33/02. Стол-рольганг для гильотинных ножниц: № 2017143173; заявл. 11.12.2017; опубл. 18.06.2018/ А. С. Отрошко, К. М. Ранишевский, Э. А. Дерницкий, А. С. Петрейкин. – 2 с.

УДК 654.071.3

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-40-42

*Е. А. Макарова, В. Г. Барабанов***МОДЕРНИЗАЦИЯ УПАКОВОЧНО-ФАСОВОЧНОГО СТАНКА
ДЛЯ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: m.lipka2015@yandex.ru

Авторами проведена модернизация упаковочного автомата «СБМ» для сыпучих продуктов, и представлена структурная схема полученной автоматизированной системы.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, упаковка сыпучих продуктов, структурная схема, модернизация.

*Е. А. Makarova, V. G. Barabanov***MODERNIZATION OF THE PACKAGING
AND FILLING MACHINE FOR BULK PRODUCTS****Volgograd State Technical University**

The authors carried out the modernization of the packaging machine "SMB" for bulk products and presented a block diagram of the resulting automated system.

Keywords: automated control system, packaging of bulk products, block diagram, modernization.

В условиях современного пищевого производства в операциях фасовки и упаковки необходимо обеспечивать заданную точность дозирования продукта без его повреждения и требуемую герметичность запайки упаковочных пакетов и пленки. Использование автоматизированных систем для решения вышеперечисленных задач позволяет повысить производительность и быстродействие технологических линий [1, 2].



Рис. 1. Фасовочно-упаковочный автомат
с весовым дозатором «СБМ»

Рассматриваемый станок предназначен для фасовки и упаковки сыпучих продуктов (крупы, замороженные фрукты и овощи, сахар и т. д.) в пленку и пакеты. Исследование проводилось во время прохождения производственной практики на предприятии ООО «КИП-Сервис». За основу взят фасовочно-упаковочный автомат с весовым дозатором «СБМ» компании ООО «ЮФО-ПАК» [3] для упаковки замороженных овощей (рис. 1).

На рис. 2 показано устройство рассматриваемого автомата. Станок состоит из приемного бункера с вертикальной трубой, вокруг которой оборачивается запаиваемая пленка. Приемный бункер оснащен тензодатчиками и закрывается задвижкой. Термоножи расположены в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно и выполняют возвратно-поступательное движение к трубе. Под системой термоножей находится конвейерная линия.

Для работы станка продукт предварительно засыпается в приемный бункер большого объема. Принцип работы системы заключается в следующем: с помощью задвижки по показаниям тензодатчиков отмеряется необходимое на одну порцию количество продукта. Термоножи формируют пакет из рулона термосвариваемой пленки: первый термонож создает вертикальный шов пакета, второй термонож запаивает пленку и протягивает ее вниз по трубе. Продукт поступает из приемного бункера в открытый пакет, который затем запаивается, отрезается и поступает на конвейерную ленту.

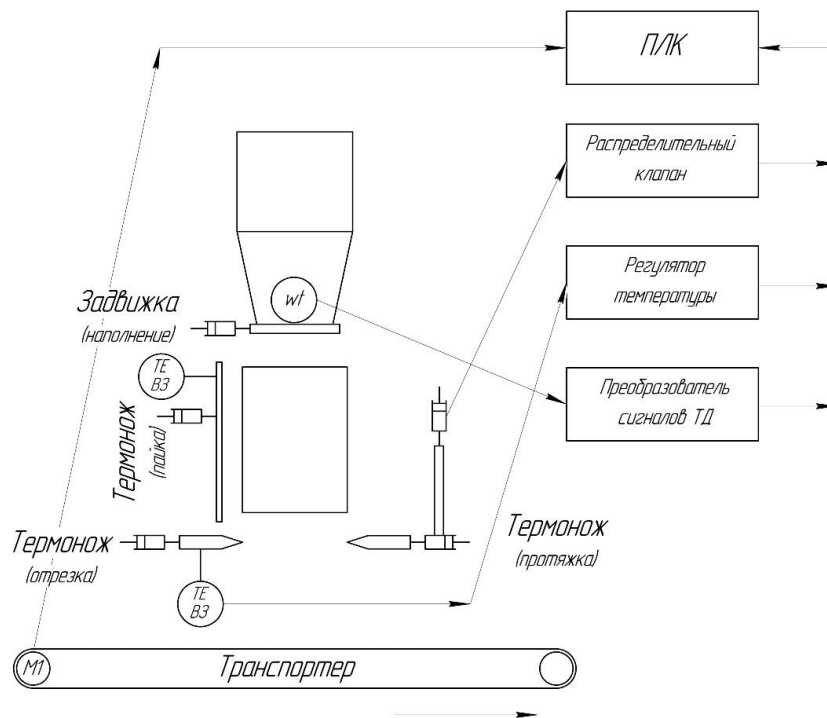


Рис. 2. Структурная схема фасовочного автомата

Рассматриваемая система обладает рядом недостатков, оказывающих негативное влияние на качество выполнения заданных операций. Одна из проблем – низкая точность дозирования из-за установки приемного бункера большого объема на тензодатчики. При применении тензодатчиков, соответствующих весу заполненного бункера, необходимые порции продукта для фасовки в пакеты отмеряются с значительной погрешностью.

Упаковка замороженного продукта ведет к периодическим изменениям температуры термосвариваемой пленки. Использование двухпозиционного закона регулирования не позволяет поддерживать заданную температуру нагревательного элемента термоножей, что приводит к некачественной запайке пакетов. В системе отсутствует контроль качества готовой продукции, что затрудняет своевременное выявление брака и повышает производственные затраты.

Авторами проведен анализ существующих решений и выполнена модернизация исследуемого упаковочно-фасовочного станка.

Повышение точности дозирования продукта осуществляется путем перехода к использованию приемного бункера малого объема. В рассматриваемую систему добавлен вибрлоток, отмеряющий по показаниям тензодатчиков необходимое на одну порцию количество продукта в приемный бункер. Автозаполнение вибро-

лотка с помощью шнекового питателя повышает производительность и быстродействие автомата.

Для обеспечения требуемого качества запайки швов пакетов необходимо поддерживать постоянную температуру нагревательного элемента термоножей. Применение ПИД-закона позволит обеспечить регулирование температуры с необходимым быстродействием с учетом температурных колебаний, возникающих при упаковке замороженного продукта.

Отбраковка некачественной продукции осуществляется в зоне контроля качества, оснащенной тензодатчиками, ультразвуковым датчиком положения и пневмотолкателем. На данном участке конвейера по показаниям тензодатчиков выполняется проверка соответствия веса пакета требуемому значению. В случае выявления брака пакет удаляется пневмотолкателем на запасную конвейерную линию.

В результате исследования проведена модернизация рассматриваемой системы. Авторами добавлены новые конструктивные элементы (шнековый питатель, вибрлоток и зона контроля качества) и выполнен переход на ПИД-закон регулирования, что позволило обеспечить требуемые параметры работы. Разработанная схема модернизированной версии упаковочно-фасовочного станка представлена на рис. 3.

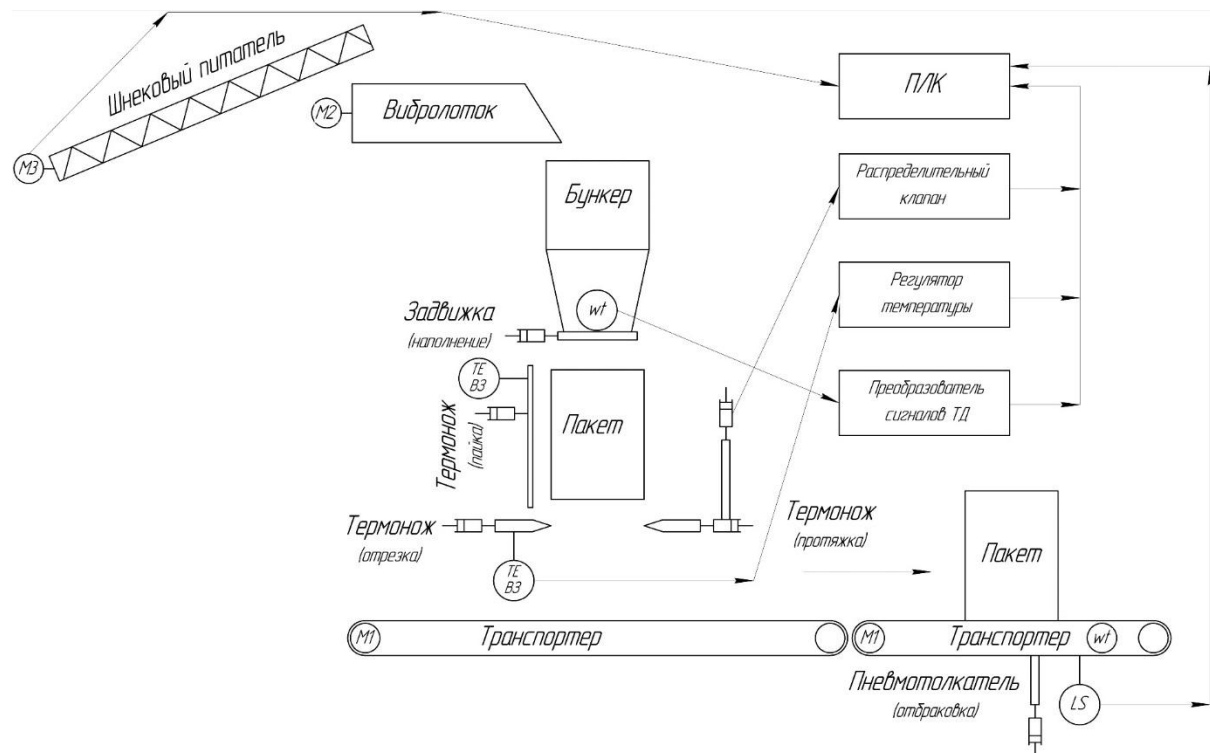


Рис. 3. Структурная схема модернизированного упаковочно-фасовочного станка

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматическая машина для упаковки сыпучей продукции в пакеты [Электронный ресурс]. URL: <https://auro-ra-pack.ru/catalog/sku/avtomaticheskaya-mashina-dlya-upakovki-sypuchey-produktsii-v-pakety/> (дата обращения: 10.11.2023)

2. Автоматизация упаковочных линий [Электронный ресурс]. URL: <https://rusautomation.ru/articles/avtomatizatsiya-upakovochnykh-linii/> (дата обращения: 10.11.2023)

3. Фасовочно-упаковочный автомат с весовым дозатором «СБМ» [Электронный ресурс]. URL: <https://ufopack.ru/> (дата обращения: 10.11.2023).

УДК654.071.3

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-42-45

Е. А. Макарова, В. Г. Барабанов

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАСОВОЧНЫМ АВТОМАТОМ НА ПЛК LOGICON

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: m.lipka2015@yandex.ru

В статье представлен алгоритм управления фасовочно-упаковочным станком для сыпучих продуктов. Написана программа на языке релейных диаграмм в среде разработки ELHART LogicOn Soft. Разработан стенд на основе ПЛК LogicOn CPU 12/8N DC для тестирования и отладки программы.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, упаковка сыпучих продуктов, блок-схема, стенд.

E. A. Makarova, V. G. Barabanov

DEVELOPMENT OF THE PACKAGING AND FILLING MACHINE CONTROL PROGRAM USING PLC LOGICON

Volgograd State Technical University

A control algorithm for the packaging and filling machine for bulk products is presented. The program is written in the LDlanguage using the ELHART LogicOn Soft IDE. A test bench using the LogicOn CPU 12/8 DC PLC has been developed for program testing and debugging.

Keywords: automated control system, packaging of bulk products, flowchart, test bench.

В статье рассматривается упаковочно-фасовочный станок с весовым дозатором для сыпучих продуктов (рис. 1), основанный на оборудовании компании ООО «ЮФО-ПАК» [1]. Исследование проведено во время прохождения производственной практики на предприятии ООО «КИП-Сервис».

Исследуемая система состоит из шнекового питателя, связанного с вибрлотком, и приемного бункера с задвижкой. От бункера ведет труба, вокруг которой оборачивается термосвариваемая пленка. Запайка пакетов осуществляется расположенными в вертикальной и горизонтальной плоскостях термоножами, которые выполняют возвратно-поступательное движение к трубе. Конвейер связан с зоной контроля качества, оснащенной тензодатчиками и пневмотолкателем.



Рис. 1. Фасовочно-упаковочный автомат с весовым дозатором «СБМ»

В процессе работы системы продукт по шнековому питателю непрерывно поступает в вибрлоток, отмеряющий по показаниям тензодат-

чиков необходимое на 1 порцию количество продукта в приемный бункер. Два термоножа создают пакет из рулона пленки; первый формирует вертикальный шов пакета, второй запаивает пленку и протягивает ее вниз по трубе.

При накоплении в приемном бункере требуемого количества продукта открывается задвижка, после чего продукт поступает в открытый пакет. В следующем цикле при формировании горизонтального шва верх пакета запаивается и отрезается.

Готовый пакет с продуктом по конвейеру поступает в зону контроля качества. Проверка наличия пакета осуществляется с использованием ультразвукового датчика положения; взвешивание выполняется по показаниям тензодатчиков. Пневмотолкатель обеспечивает удаление пакетов с весом, не соответствующим требуемому, с конвейерной линии.

При создании алгоритма управления автоматами сформирована требуемая последовательность работы всех элементов системы с учетом минимизации простаивания оборудования для достижения необходимой производительности. В программе должны обеспечиваться отслеживание аварийных ситуаций и возможность экстренной остановки всей системы в случае возникновения аварии. Активация, возобновление и завершение работы системы осуществляются оператором с помощью кнопок «Пуск», «Стоп» и «Сброс аварии».

При нажатии оператором кнопки «Пуск» включается шнековый питатель, после чего продукт поступает в вибрлоток и приемный бункер. Вибрлоток прекращает работу при достижении необходимого количества продукта в бункере. Затем открывается задвижка и продукт поступает в открытый пакет.

Термоножи начинают запайку швов при наполнении приемного бункера, выполняя операции формирования вертикального и горизонтального швов, протягивания и отрезания пленки. После заполнения пакет запаивается и поступает по конвейеру в зону контроля качества. При наличии пакета в области взвешивания происходит сравнение его веса с требуемым; в случае несоответствия пакет убирается с конвейера пневмотолкателем.

Программа управления упаковочно-фасовочным станком написана на языке релейной логики LD в среде разработки ELHART Logic-On Soft [3]. Для упрощения написания и восприятия программы часть функций были выне-

сены в отдельные подпрограммы (опрос устройств, движение термонажей, контроль качества, запись температуры). В основной программе производится вызов каждой подпрограммы при условии отсутствия аварийной ситуации. Блок-схема основной программы представлена на рис. 2.

Согласно разработанному алгоритму управления, шнековый питатель и конвейер включаются сразу при нажатии оператором кнопки «Пуск», после чего работают непрерывно. Наполнение приемного бункера с помощью вибрототка производится только при условии срабатывания датчика закрытия задвижки, что предотвращает неправильное дозирование продукта.

Алгоритм последовательной работы термонажей предусматривает строгий порядок перемещения каждого отдельного термонажа. Наличие магнитных датчиков на пневмоцилиндрах дает возможность отслеживать положение поршня в каждый момент времени для сигнализации о возможных аварийных ситуациях. При управлении термонажами вводится дополнительное условие заполненности приемного бункера для предотвращения запайки пустых пакетов. Пример листинга программы представлен на рис. 3.

В программе предусмотрены аварийные ситуации в приемном бункере (выход из строя вибрототка и заклинивание задвижки), в системе термонажей и зоне контроля качества (выход из строя исполнительных механизмов). Алгоритм отслеживает возможную потерю связи с устройствами (EWM-D2-RSi ПИД-регулятор).

В случае возникновения аварийной ситуации все рабочие процессы останавливаются, и система переходит в режим ожидания. При нажатии оператором соответствующей кнопки осуществляется сброс аварии, после чего упаковочный станок возобновляет работу.

Для тестирования и отладки программы авторами разработан стенд на базе ПЛК LogicOn CPU 12/8N DC с подключенными к нему преобразователями сигналов тензодатчиков EWM-D2-RS, светодиодами и переключателями (рис. 4).

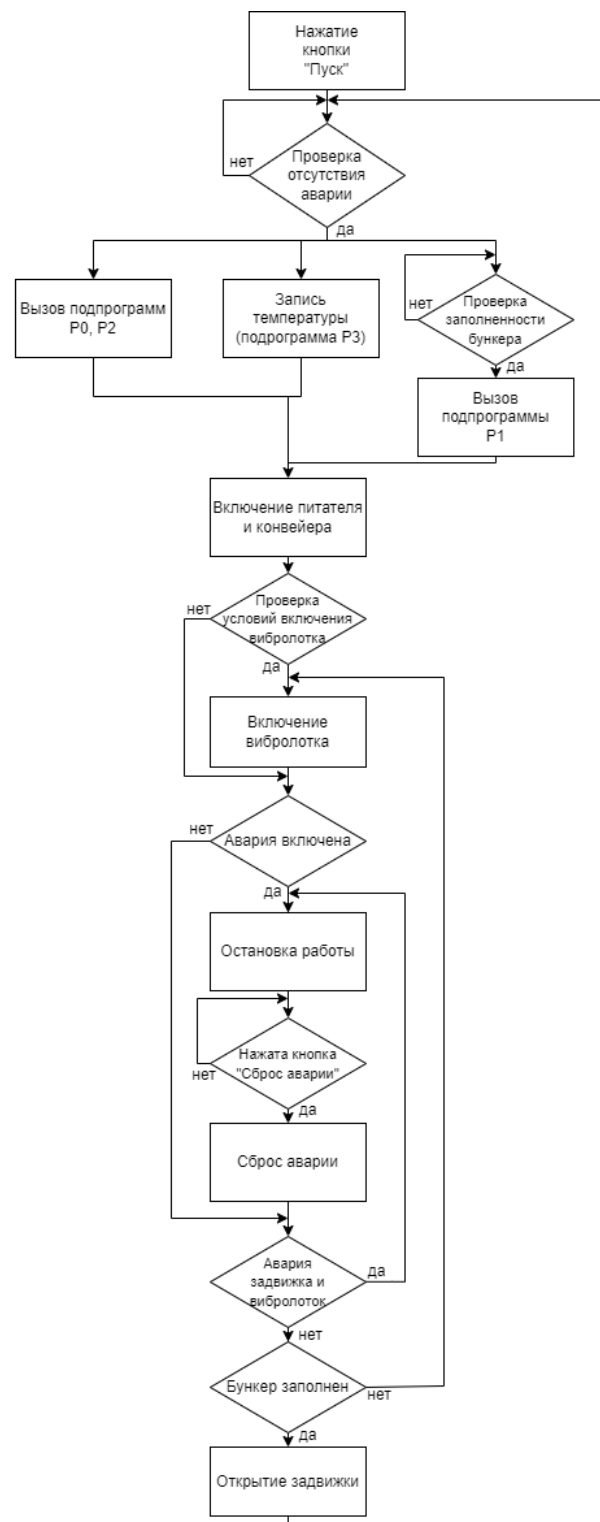


Рис. 2. Блок-схема основной программы

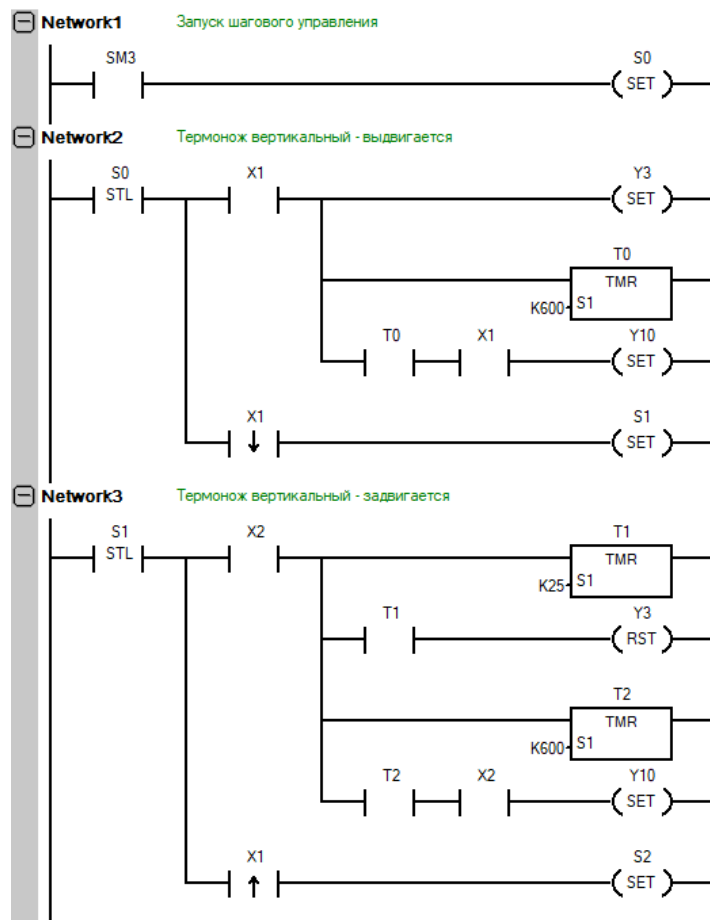


Рис. 3. Пример листинга программы



Рис. 4. Разработанный стенд на базе ПЛК LogicOnCPU 12/8NDC

Результатом работы является программа управления упаковочно-фасовочным станком, которая реализует все необходимые рабочие операции с отслеживанием аварийных ситуаций, обеспечивая при этом возможность ручного управления оператором. Алгоритм протестирован и отлажен на разработанном стенде на базе ПЛК LogicOn CPU 12/8N DC. Программа зарегистрирована и получила свидетельство № 2023682224.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фасовочно-упаковочный автомат с весовым дозатором «СБМ» [Электронный ресурс]. URL: <https://ufopack.ru/> (дата обращения: 10.11.2023).
2. LogicOn CPU 12/8N DC [Электронный ресурс] // КИП-Сервис. URL: <https://totalkip.ru/goods/4278626?ysclid=lk89zaz5yf536313817> (дата обращения: 10.11.2023).
3. Программируемый логический контроллер LogicOn. Руководство по программированию [Электронный ресурс] // КИП-Сервис. URL: https://ftp.totalkip.ru/report.local/re/RE_elhart_19189.pdf (дата обращения: 10.11.2023).

УДК 628.86

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-46-50

*С. А. Марков, В. В. Зинченко, Н. В. Козловцева***АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: app@vstu.ru

В статье описаны актуальные вопросы управления складскими запасами промышленных предприятий. Представлены разработанные алгоритмы для автоматизированной системы управления запасами машиностроительного предприятия, внедрение которой позволит минимизировать затраты на хранение и организацию материально-производственных запасов.

Ключевые слова: управление запасами, модели данных, ERP-система, алгоритмы по расписанию, автоматизированная система управления запасами.

*S. A. Markov, V. V. Zinchenko, N. V. Kozlovtsava***AUTOMATED INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM FOR A
MACHINE-BUILDING ENTERPRISE****Volgograd State Technical University**

The article describes current issues of inventory management at industrial enterprises. The developed algorithms for an automated inventory management system for a machine-building enterprise, the implementation of which will minimize the costs of storing and organizing inventories, are presented.

Keywords: inventory management, data models, ERP-system, schedule algorithms, automated inventory management system.

Согласно «Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Волгоградской области» от 2022 г., промышленные предприятия региона показывают недостаточный уровень внедрения автоматизированных систем управления [1]. Этот параметр сильно влияет на возможность достижения «цифровой зрелости» не только самого предприятия, но и экономики в целом. В частности, в 2021 году индекс *DigitalIQ* машиностроения в РФ составил всего 1,6 из 5 баллов, что в два раза меньше, чем у лучших мировых практик [2].

Полномасштабная цифровизация машиностроительного предприятия должна охватывать все сферы его деятельности, в том числе процессы управления запасами, которые являются важной составной частью системы управления. Эффективность этих процессов характеризуется таким ключевым критерием, как величина затрат, образующихся при управлении запасами. На практике реализация рационального управления запасами представляется комплексной проблемой. Предприятие несет потери и в случае, когда запас комплектующих недостаточен, что может привести к нарушению ритмичности производства, росту себестоимости продукции, срыву сроков выполнения

работ по договорам, потере прибыли и репутации компании; и в случае, когда запас чрезмерен – происходит "замораживание" оборотных средств организации, растут затраты на хранение запасов.

Также важным вопросом является необходимая величина запасных частей, которые предприятие создает на случай непредвиденных сбоев с поставкой, браком при производстве, поломке инструментов, оборудования.

Другой проблемой является разработка алгоритма автоматической корректировки заявок при ограничении оборотного капитала. Автоматизированная система при формировании очередной заявки определяет оптимальные объемы закупки товаров. В некоторые моменты времени общая стоимость заказываемых товаров может оказаться больше имеющихся в наличии свободных денег [3].

В настоящее время решение задач повышения эффективности управления предприятием в целом невозможно без применения современных вычислительных систем и программных комплексов. На российском рынке в последние годы представлено достаточно большое количество программных продуктов, способствующих повышению качества и эффективности процессов снабжения потребителей различной

продукцией. Однако в подавляющем большинстве имеющихся на российском рынке программных продуктов хорошо представлены функции учета и движения товаров и, практи-

чески, отсутствуют функции по количественному расчету рациональных объемов запасов. Это значительно снижает эффективность применения существующих программных продуктов.

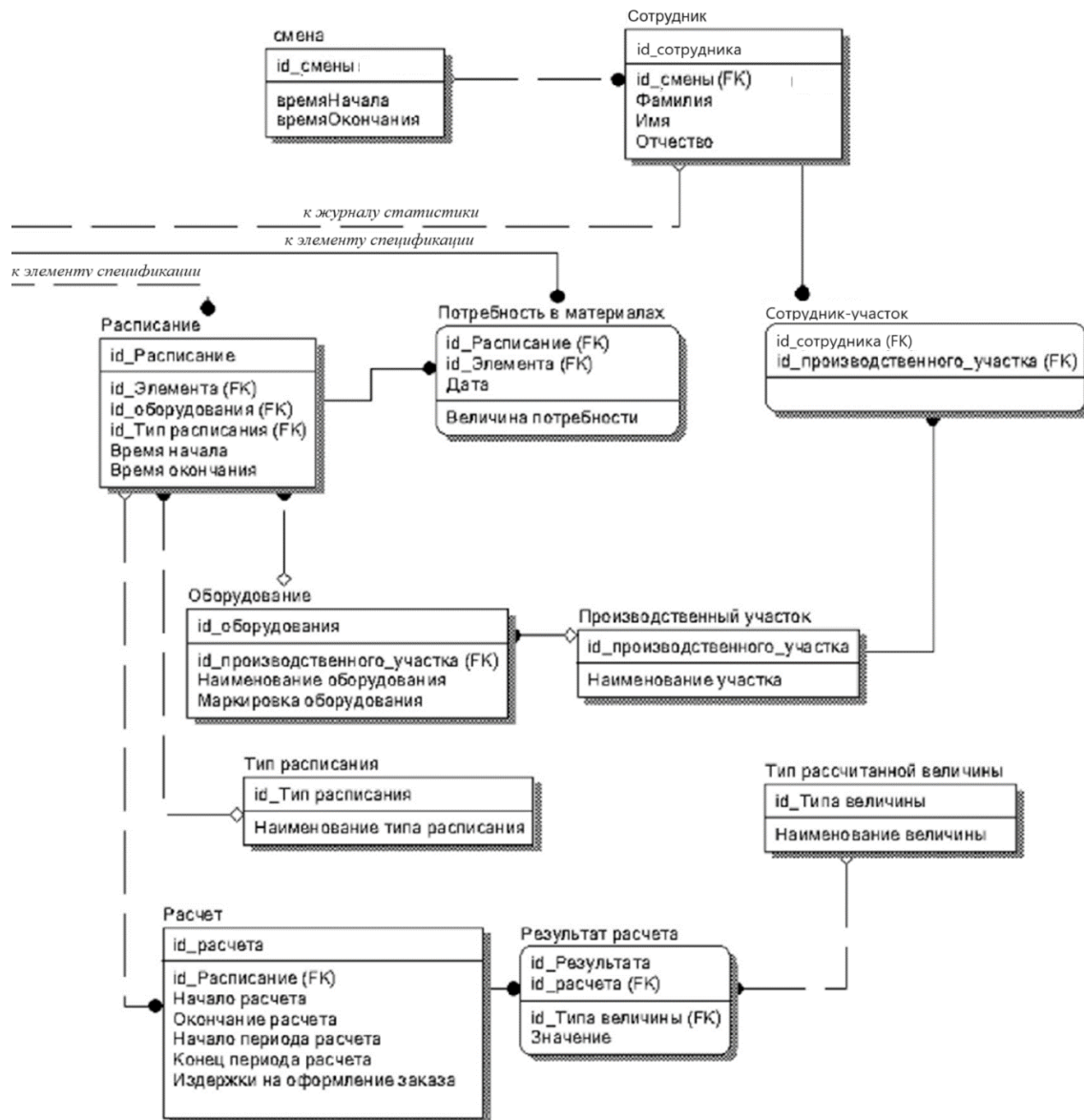


Рис. 1. Часть логической структуры базы данных

Отсюда следует необходимость исследования и создания на российских предприятиях таких систем управления запасами, которые бы учитывали особенности отечественного производства, главной из которых, в данном случае, является позаказный характер изготовления продукции.

Предлагается разрабатывать автоматизированную систему управления запасами в соответствии с основными принципами RUP-методологии (*Rational Unified Process*).

На рис. 1 приведена часть логической структуры базы данных, посвященная расписаниям и описывающая основные сущности и их взаимосвязи. На основании данной информации впоследствии разрабатывается физическая структура БД.

После анализа CASE-средств, представленных на рынке (ARIS, EnterpriseArchitect, ERWin/BPWin, IBM Rational) было принято решение об использовании EnterpriseArchitect, ERWin/BPWin в качестве основных систем поддержки

разработки ПП. Данные средства отличаются простотой освоения, поддержкой полного жизненного цикла ИС, обеспечение целостности

проекта и поддержку одновременной работы нескольких групп разработчиков. При этом данные продукты имеют низкую стоимость лицензии.

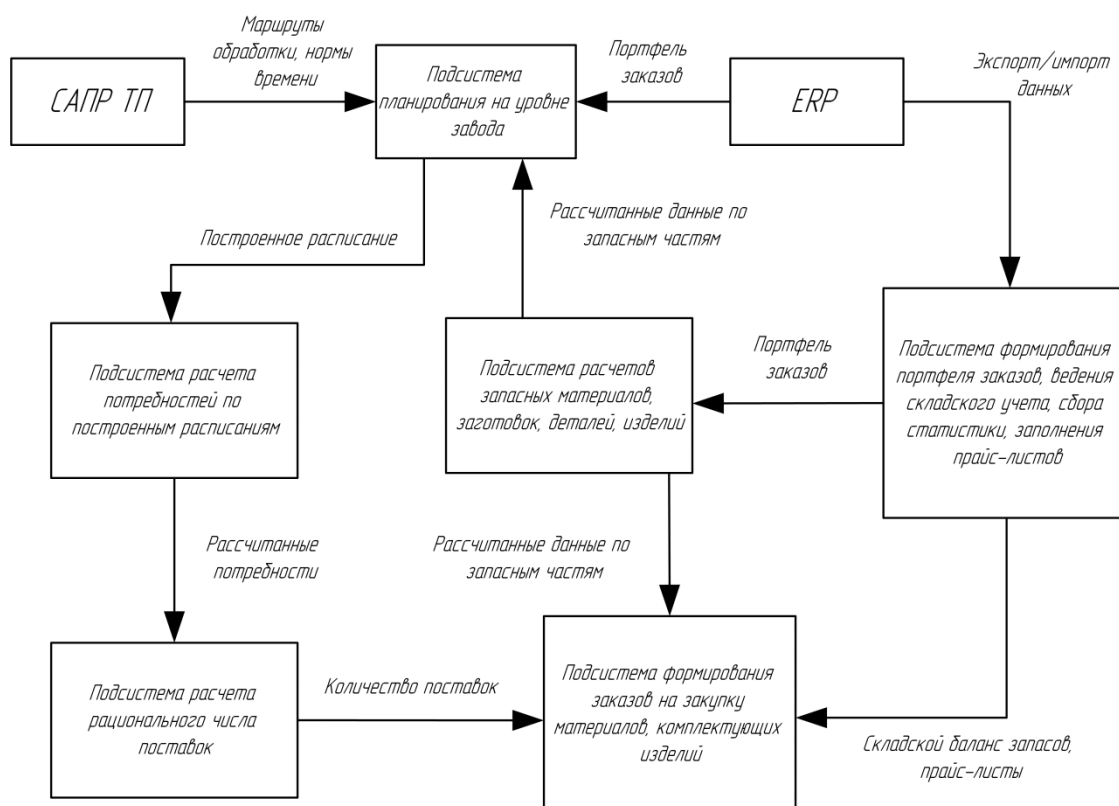


Рис. 2. Взаимодействие системы управления запасами с другими информационными системами

В качестве модели данных для проектируемой системы была выбрана реляционная модель. Исходя из выбранной модели данных, была спроектирована схема логической модели данных (диаграмма ERD- модель сущность-связь).

Для осуществления работы программы необходима интеграция с системой планирования, в которой ведется построения расписаний. Разрабатываемая система имеет функции сбора разнородной информации, и при наличии других рабочих систем, необходимо предусмотреть импорт данных, для предотвращения дублирования ввода информации. Взаимодействие систем приведено на рис. 2.

Алгоритм формирования потребностей в материалах и комплектующих по расписаниям приведен на рис. 3.

Ограничения на операцию формирования заказов с учетом наличия складских остатков:

1) брак производства или брак материала не рассматривается;

2) период между поставками больше, чем

период заказа и поставки, что обеспечивает отсутствие в модели страховых запасов;

3) считается, что расписание рассчитывается с учетом всех не произведенных деталей, изделий и прочих объектов производства, это обеспечивает расчет актуальных потребностей к моменту заказа и препятствует возникновению ситуаций простоя производства;

4) количество внешних поставщиков принимается равным 2 – 3.

Расчет параметров управления запасами при многопродуктовых поставках для машиностроительных предприятий, с учетом ограничений на максимальный размер капитала, который предполагается вложить в запасы, выполняется следующим образом:

1) рассчитываются оптимальные партии поставок S_{oi} по каждому i -му виду продукции ($i=1, \dots, N$) по формуле Уилсона.

$$S_{oi} = \sqrt{\frac{2C_{oi}A}{C_{ni}f}},$$

где A – потребность в заказываемом продукте

в течении рассматриваемого периода, ед.; C_{oi} – затраты на выполнение одного заказа, руб.; S_{oi} – искомая величина заказа, ед.; C_{ni} – цена едини-

цы продукции, хранимой на складе, руб.; f – коэффициент, отражающий затраты на хранение запаса в виде доли от цены C_{ni} ;

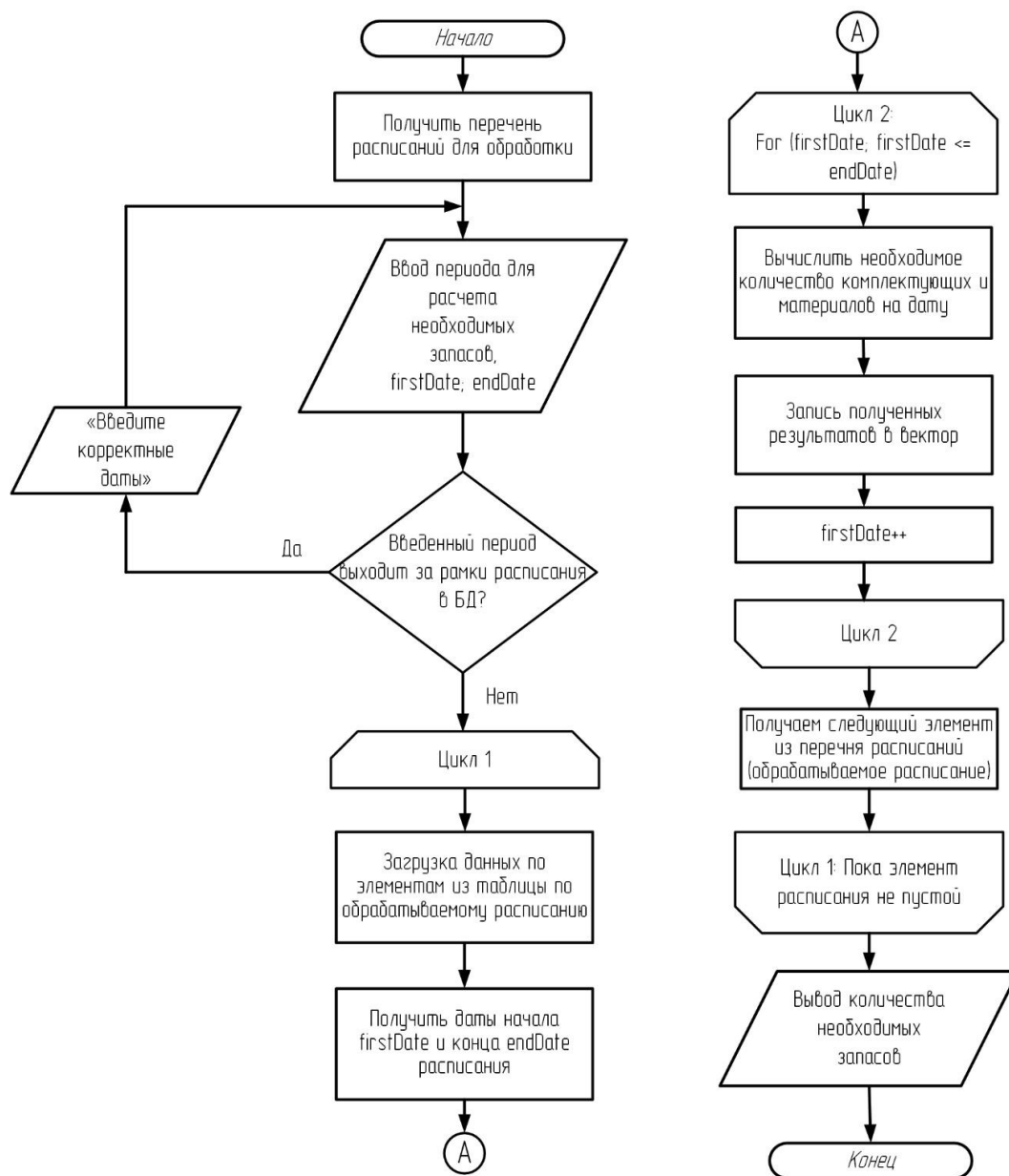


Рис. 3. Алгоритм расчета потребностей в материалах и комплектующих по расписаниям

2) сравниваются затраты, связанные с запасами продукции и капиталом B , выделенном на приобретение продукции:

$$B \geq \kappa \sum_{i=1}^N S_{oi} C_{ni},$$

где κ – коэффициент, введенный для учета неодновременности поступления i -ых видов продукции; $0 < \kappa \leq 1$. Принято $\kappa = 0,5$.

Если неравенство соблюдается, то поставки осуществляются в рассчитанных ранее объе-

мах. Соответственно, переменные затраты на выполнение заказа и хранение при многопродуктовой поставке определяется по формуле:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \sqrt{2A_i C_{oi} C_{ni} f};$$

3) если неравенство не соблюдается, то для расчета оптимальных значений S_{oi} применяется т. н. метод множителей Лагранжа. Исходное уравнение – функция Лагранжа – записывается в виде

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i C_{0i}}{S_i} + \frac{S_i C_{ni} f}{2} \right) + z(B - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni}),$$

где z – неопределенный множитель Лагранжа.

Оптимальные значения S_{oi} определяются из решения системы, включающей Уравнений

типа $\frac{dC_{\Sigma}}{dS_i} = 0$ и уравнения $\frac{dC_{\Sigma}}{dz} = 0$ [4].

Конечным результатом работы разрабатываемой системы представляется не только расчет оптимального количества и сроков поставки комплектующих, но и интегрирование модели управления запасами в глобальную систему управления предприятием, что позволит повысить гибкость и прозрачность контроля производственного процесса. Система позволит рационализировать позаказное производство на машиностроительных предприятиях на основе потребностей материалов и комплектующих,

калькулируемых из производственных расписаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Распоряжение губернатора Волгоградской области от 29 августа 2022 г. № 213-р «О внесении изменения в распоряжение Губернатора Волгоградской области от 18 августа 2021 г. № 167-р “Об утверждении Стратегии в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Волгоградской области”». – Волгоград, 2022.
2. Рахлис, Т. П. Оценка цифровой зрелости промышленного предприятия: методологический аспект / Т. П. Рахлис, М. М. Исаева // Российские регионы в фокусе перемен : сб. докл. в двух томах (18–20 ноября 2021 года, Екатеринбург). – Том 1. – Екатеринбург : УрФУ, 2022. – С. 480–484.
3. Малах, С. А. Максимизация удельной приведенной прибыли в системах управления запасами / С. А. Малах, В. В. Сервах // Автоматика и телемеханика. – 2020. – № 5. – С. 106–118.
4. Корпоративная логистика в вопросах и ответах : монография / под общ. и науч. ред. проф. В. И. Сергеева. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 634 с.

УДК 681.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-50-54

М. Е. Николаев, В. А. Перфилов, Д. А. Ляшенко

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ ДВИЖЕНИЙ ГРУЗОЗАХВАТНОГО ОРГАНА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОГРУЗЧИКА

Институт архитектуры и строительства

Волгоградского государственного технического университета

E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

В настоящее время на автоматизированном производстве при работе со штучными грузами цилиндрической формы широкое применение находят погрузчики с полуавтоматической системой управления. При выполнении такого технологического процесса необходимо, чтобы грузозахватный орган совершал оптимальные перемещения от груза до места укладки. Поэтому предлагается рассмотреть и рассчитать позиционирование грузозахватного органа погрузочного агрегата. Проведен расчет обратной задачи перемещения захватного устройства. Рассмотрен синтез траекторий перемещения выходного звена грузозахватного органа в пространстве.

Ключевые слова: автоматизированный погрузчик, позиционирование, захват, манипулятор, механизм, траектория, привод, звенья, обобщенные координаты, груз.

M. E. Nikolaev, V. A. Perfilov, D. A. Lyashenko

PLANNING OF OPTIMAL PROGRAM MOVEMENTS OF THE LIFTING BODY OF AN AUTOMATED LOADER

Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University

Currently, loaders with a semi-automatic control system are widely used in automated production when working with cylindrical piece loads. When performing such a technological process, it is necessary that the cargo handling body makes optimal movements from the cargo to the place of laying. Therefore, it is proposed to consider and calculate the positioning of the lifting body of the loading unit. The calculation of the inverse problem of moving the gripper is carried out. The synthesis of trajectories of movement of the output link of the lifting body in space is considered.

Keywords: automated loader, positioning, gripper, manipulator, mechanism, trajectory, drive, links, generalized coordinates, cargo.

При погрузочных работах на автоматизированном производстве достаточно широкое применение находят полуавтоматические погрузочно-транспортные агрегаты, при штабелировании штучных грузов, в виде бочек или труб.

В частных случаях исследования показали, что с такой задачей погрузчики справляются, но приходится достаточно часто маневрировать шасси для подвода рабочего органа к захватываемому объекту.

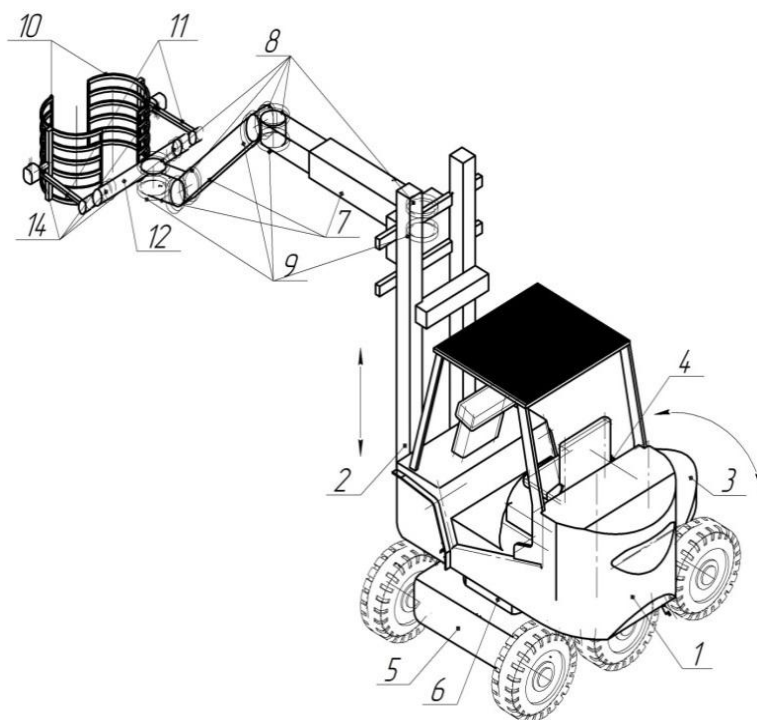


Рис. 1. Общий вид погрузочного агрегата

Поэтому для решения этих недостатков, предлагается рассмотреть, конструкцию автоматизированного погрузчика с манипулятором последовательной структуры, рассмотреть позиционирование захватного устройства, провести синтез траекторий грузозахватного органа [1, 2].

Погрузчик состоит из рамы 1, подъемника 2, противовеса 3, аккумуляторов 4, шасси 5, поворотной части 6, приводов 7, 8, 12, цилиндрических шарниров 9, 14, клещей 10, звеньев 11, серводвигателей 13.

Работа полуавтоматической системы управления автоматизированным погрузочным агрегатом заключается в следующем: подвод

шасси и манипулятора к захватываемому объекту происходит в ручном режиме оператором погрузчика, а захват и перемещение груза в сменный контейнер осуществляется в автоматическом режиме по заданным координатам.

Основной задачей позиционирования является нахождение обобщенных координат $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \Delta y_2, \Delta z_1$, которые зависят от перемещения выходного звена манипуляционного устройства точки (E), между неподвижной системой координат $Oxyz$, и подвижной $O_5x_5y_5z_5$ и направляющих косинусов a (рис. 2). Поэтому для решения этой задачи нужно решить систему из 6 уравнений связи (1).

$$\begin{cases} x_E = \sin\alpha(d-a + \Delta y_2) - \sin\alpha(d + \Delta y_2) + c(\cos\gamma\cos\beta\sin\alpha + \sin\gamma\sin\beta\sin\alpha) - b\cos\beta\sin\alpha \\ y_E = f - \cos\alpha(d-a + \Delta y_2) + \cos\alpha(d + \Delta y_2) - c(\cos\gamma\sin\beta\cos\alpha + \sin\gamma\cos\alpha\sin\beta) + b\cos\beta\cos\alpha \\ z_E = \Delta z_1 + e + b\sin\beta - c(\cos\lambda\sin\beta - \sin\gamma\cos\beta) \\ a_{31} = \cos\gamma\cos\beta\sin\alpha + \sin\gamma\sin\beta\sin\alpha \\ a_{32} = -\cos\gamma\cos\beta\cos\alpha - \sin\gamma\cos\alpha\sin\beta \\ a_{33} = \sin\gamma\cos\beta - \cos\gamma\sin\beta \end{cases} \quad (1)$$

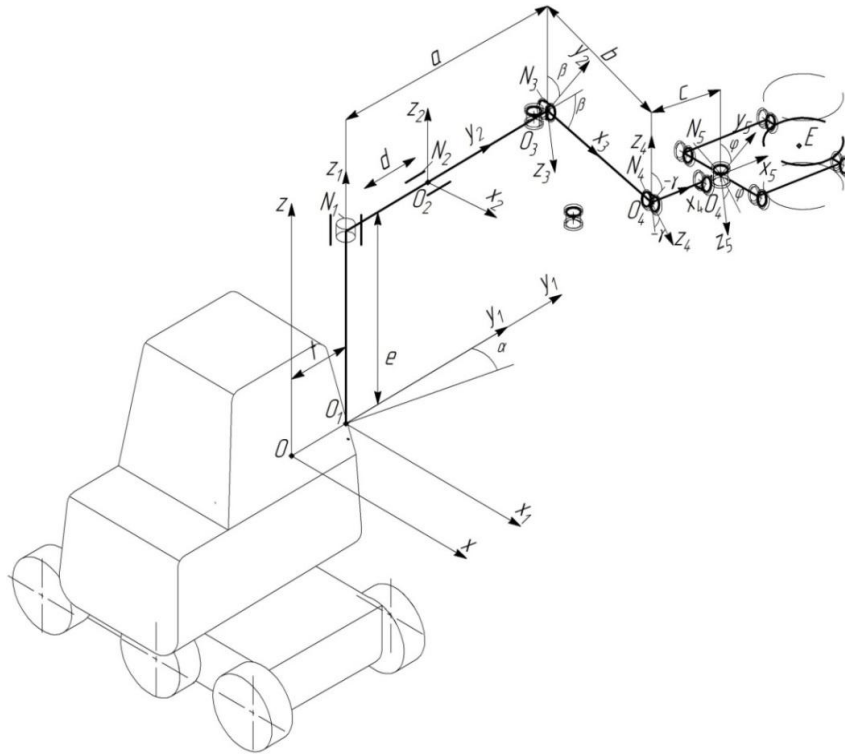


Рис. 2. Кинематическая схема погрузчика

При заданных значениях манипуляционного устройства, $d=550$ мм; $a=1100$ мм; $e=270$ мм; $b=1400$ мм; $c=250$ мм; $f=400$ мм, и для задаваемых значений координат в пространстве $x_E = 2010$ мм, $y_E = 1850$ мм, $z_E = 470$ мм, $a_{31} = \cos \frac{\pi}{4}$, $a_{32} = \cos \frac{\pi}{3}$, определяемые значения равны $\alpha = -1.057$ рад, $\beta = 0.263$ рад, $\varphi = 0.168$ рад, $\gamma = 0.174$ рад, $\Delta y_2 = 100$ мм, $\Delta z_1 = -92.268$ мм.

После того как, решена обратная задача позиционирования выходного звена грузозахватного органа, нужно определить законы изменения обобщенных координат $q_i(t)$. Для решения этой задачи нужно выбрать один из стандартных законов, чтобы он удовлетворял поставленным условиям. В частности считается, что углы поворота исполнительных приводов α , β , γ , φ , и координаты конечного положения грузоза-

хватного органа $\Delta y, \Delta z, \Delta x$ заданы. При условии плавного трогания шасси и касания захватываемого объекта, в таком случае скорости и ускорения в начальном и конечном положении будут равны нулю. Такому условию подходит синусоидальный закон программного движения исполняющего органа (2) [3, 4].

$$q(t) = q_0 + (q_k - q_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right] \quad (2)$$

где q_0 и q_k – обобщенные координаты, при начальном и конечном положении; t – текущее время движения исполнительных звеньев, с; T – конечное время движения исполнительных звеньев, с.

Тогда законы изменения обобщенных координат, можно записать в виде (3)

$$\begin{cases} \alpha(t) = \alpha_0 + (\alpha_k - \alpha_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right], \\ \beta(t) = \beta_0 + (\beta_k - \beta_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right], \\ \gamma(t) = \gamma_0 + (\gamma_k - \gamma_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right], \\ \varphi(t) = \varphi_0 + (\varphi_k - \varphi_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right], \\ \Delta z_1(t) = \Delta z_{1,0} + (\Delta z_{1,k} - \Delta z_{1,0}) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right], \\ \Delta y_2(t) = \Delta y_{2,0} + (\Delta y_{2,k} - \Delta y_{2,0}) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right] \end{cases} \quad (3)$$

Подставив формулу (1) законы изменения $q_i(t)$, получим зависимости (4) изменения координат от времени.

$$\begin{cases} x_E(t) = \sin\alpha(t)(d-a + \Delta y_2(t)) - \sin\alpha(t)(d + \Delta y_2(t)) + c(\cos\gamma(t)\cos\beta(t)\sin\alpha(t) + \\ + \sin\gamma(t)\sin\beta(t)\sin\alpha(t)) - b\cos\beta(t)\sin\alpha(t) \\ y_E(t) = \cos\alpha(t)(d + \Delta y_2(t)) - c(\cos\gamma(t)\sin\beta(t)\cos\alpha(t) + \sin\gamma(t)\cos\alpha(t)\sin\beta(t)) + \\ + b\cos\beta(t)\cos\alpha(t) + f - \cos\alpha(t)(d - a + \Delta y_2) \\ z_E(t) = \Delta z_1(t) + e + b\sin\beta(t) - c(\cos\gamma(t)\sin\beta(t)\sin\gamma(t)\cos\beta(t)) \end{cases} \quad (4)$$

В результате чего получаем график (рис. 4) закона программного перемещения выходного звена грузозахватного органа.

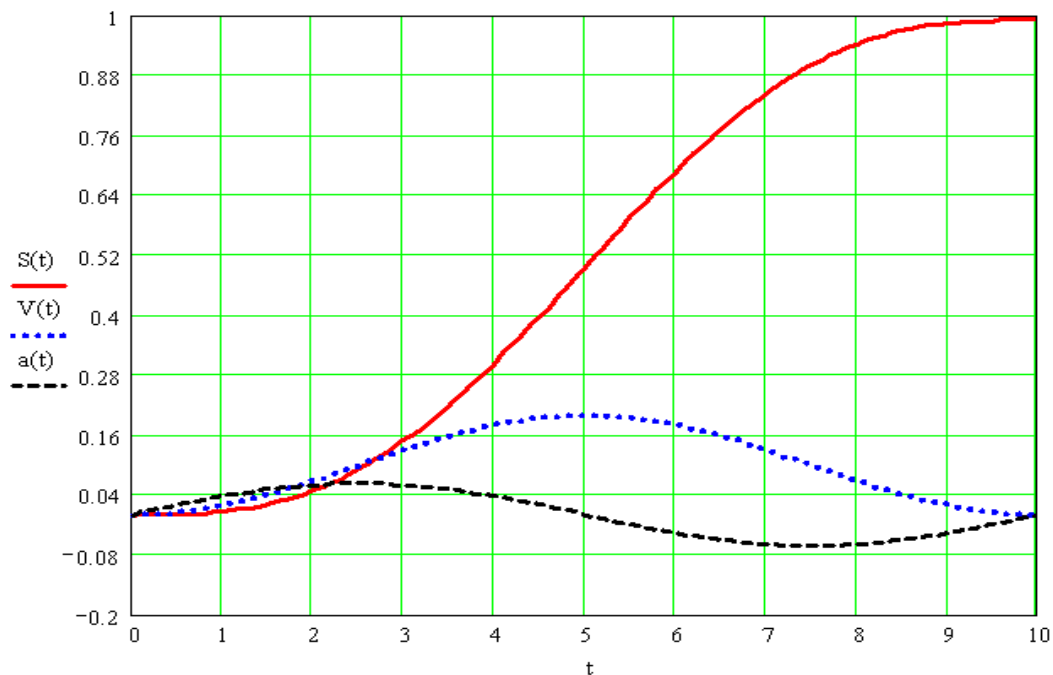


Рис. 3. Закон программного движения по заданной траектории

Исследование перемещения выходного звена захватного устройства манипулятора по заранее определенной и неопределенной траектории считался по следующему принципу [5].

Перемещение по неопределенной траектории, определялось исходя из начальных положений обобщенных координат $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \Delta y_2, \Delta z_1$, после чего, находись начальные координаты исполнительного звена в точке E_0 и принимались значения, требуемых координат конечного перемещения точки $E_k(x_{Ek}, y_{Ek}, z_{Ek})$ [6].

Перемещение по прямолинейной траектории, определялось с учетом выбранного синусоидального закона перемещения (5):

$$S(t) = S_k \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right] \quad (5)$$

С учетом данного закона получили програм-

мные законы изменения значения $q_i(t)$ – (6):

$$\begin{aligned} X_E(t) &= \frac{S(t) + X_{E0}K_X}{K_X}, \\ Y_E(t) &= \frac{S(t) + Y_{E0}K_Y}{K_Y}, \\ Z_E(t) &= \frac{S(t) + Z_{E0}K_Z}{K_Z} \end{aligned} \quad (6)$$

где K_x, K_y, K_z константы, начальных и конечных конфигураций системы для соответствующих осей x, y, z .

Получен график движения точки E по прямой и по неопределенной траектории в пространстве. Из графика видно что в любом, из случаев результат один и тот же (перемещение точки E из начального в конечное положение), что свидетельствует о правильности математической модели [7].

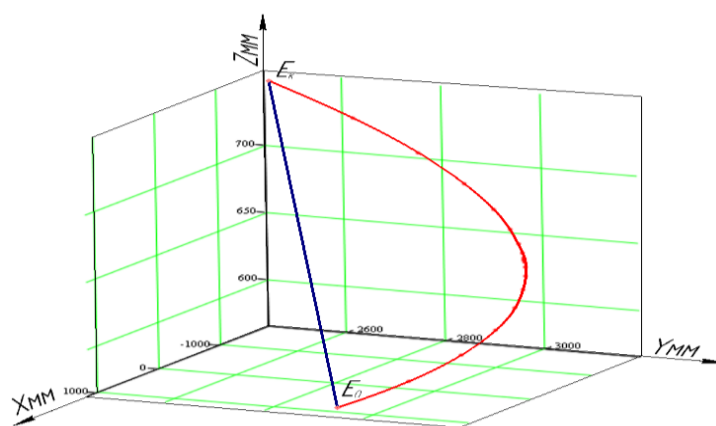


Рис. 4. Перемещения точки E в пространстве по прямолинейной и заранее неопределенной траектории

В результате расчетов предложен и рассмотрен автоматизированный погрузчик с манипулятором последовательной структуры, рассчитано позиционирование грузозахватного органа. Решена обратная задача перемещения захватного устройства. Рассмотрен синтез планирования оптимальных траекторий перемещения выходного звена грузозахватного органа в пространстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жадановский, Б. В. Организация строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве автомобильными кранами / Б. В. Жадановский, С. А. Синенко, И. М. Мирошникова // Системные технологии. – 2018. – № 2 (27). – С. 41–48.
2. Лагерева, А. В. Влияние анкерки выносных опор на устойчивость мобильных транспортно-технологических машин, оснащенных стреловыми манипуляционными системами / А. В. Лагерева, И. А. Лагерева // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. – № 2. – С. 152–169.
3. Ковалева, Т. Е. Сравнительный анализ вил погрузчика компьютерным моделированием / Т. Е. Ковалева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 3. – С. 316–318.
4. Потахов, Е. А. Методика контроля местной и общей устойчивости телескопической стрелы грузоподъемного крана / Е. А. Потахов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16. – № 2 (66). – С. 110–121.
5. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 747(1). doi: 10.1088/1757-899X/747/1/012125
6. Nikolaev, M., Nesmianov, I., Zhoga, V., Ivanov, A. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport // Smart Innovation, Systems and Technologies 2022. 245. doi: 10.1007/978-981-16-3349-2_20
7. Zhoga V. V., Skakunov V. N., Terekhov S. E., Belikov V. A. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers International Review of Mechanical Engineering. 2017. Т. 11. № 5. pp. 337–342.

УДК 681.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-54-58

М. Е. Николаев, В. А. Перфилов, А. М. Буров, П. Ю. Чувашин

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА С РАСШИРЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Институт архитектуры и строительства

Волгоградского государственного технического университета

E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

Предложена и разработана конструкция погрузочно-транспортного агрегата на базе штабелера, увеличена зона обслуживания по отношению к базовой машине за счет использования манипуляционного механизма последовательной структуры, что позволяет уменьшить время выполнения технологической операции на автоматизированном производстве при погрузке, разгрузке и транспортировке штучных цилиндрических грузов на складских работах. Проведено кинематическое исследование механизма погрузчика. Построена теоретическая зона обслуживания. Посчитана устойчивость в продольной и поперечной плоскостях, рассчитан максимальный вес поднимаемого груза и угол уклона, при которых погрузчик потеряет устойчивость.

Ключевые слова: цилиндрический шарнир, зона обслуживания, захват, кинематическое исследование, погрузочно-транспортный агрегат, продольная устойчивость, поперечная устойчивость, манипуляционный механизм, кинематическая пара.

M. E. Nikolaev, V. A. Perfilov, A. M. Burov, P. Yu. Chuvashin

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF A LOADING AND TRANSPORT UNIT WITH ADVANCED FUNCTIONALITY

Institute of Architecture and Construction of Volgograd State Technical University

The design of a loading and transport unit based on a stacker is proposed and developed, the service area is increased in relation to the base machine due to the use of a sequential structure manipulation mechanism, which reduces the time of performing a technological operation in automated production during loading, unloading and transportation of piece cylindrical cargoes in warehouse operations. A kinematic study of the loader mechanism has been carried out. A theoretical service area has been built. Stability in the longitudinal and transverse planes is calculated, the maximum weight of the lifted load and the angle of inclination at which the loader will lose stability are calculated.

Keywords: cylindrical hinge, service area, capture, kinematic study, loading and transport unit, longitudinal stability, transverse stability, manipulation mechanism, kinematic pair.

В настоящее время в различных отраслях промышленности на автоматизированном производстве все больше находят себе применение погрузчики, используемые в технологическом процессе погрузки, транспортировки и разгруз-

ки цилиндрических штучных грузов. При выполнении такого технологического процесса возникает дополнительное перемещение погрузочно-транспортного агрегата, что приводит к потере его производительности [1, 2].

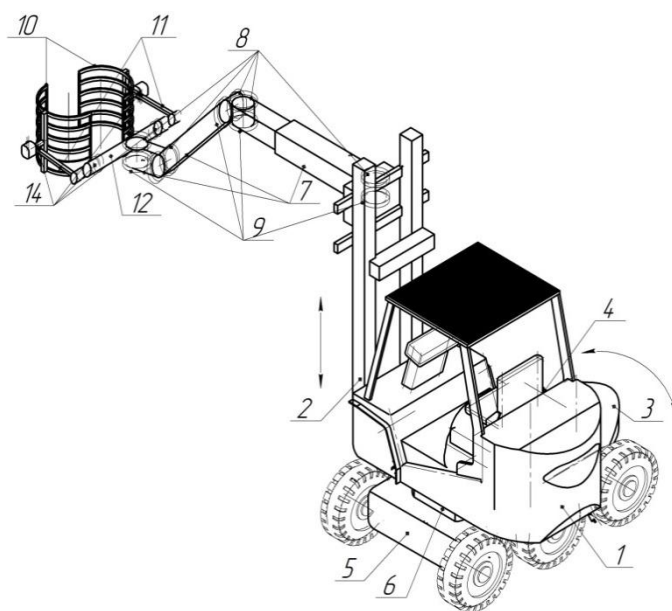


Рис. 1. Общий вид погрузочно-транспортного агрегата

Погрузчик содержит раму 1 с грузоподъемным устройством 2, противовесом 3, аккумуляторные батареи, ходовую часть 5, имеющую 6х6 колесную формулу, захватное устройство, манипуляционный механизм последовательной структуры, состоящий из, актуаторов 7, пяти электроприводов соединенных между собой вращательными цилиндрическими шарнирами 9, с кинематической парой пятого класса. Захватное устройство выполнено в виде двух клещевидных звеньев 10, тяг 11, управляющего

привода, и серводвигателей 13, которые соединяются между собой цилиндрическими шарнирами 14 имеющие кинематическую пару пятого класса (рис. 1).

Одной из основных задач при исследовании механизма, является кинематический анализ.

Главной задачей кинематического анализа является определение зоны обслуживания погрузчика, которая зависит от пространственного перемещения грузозахватного органа выходного звена, точки E агрегата (рис. 2).

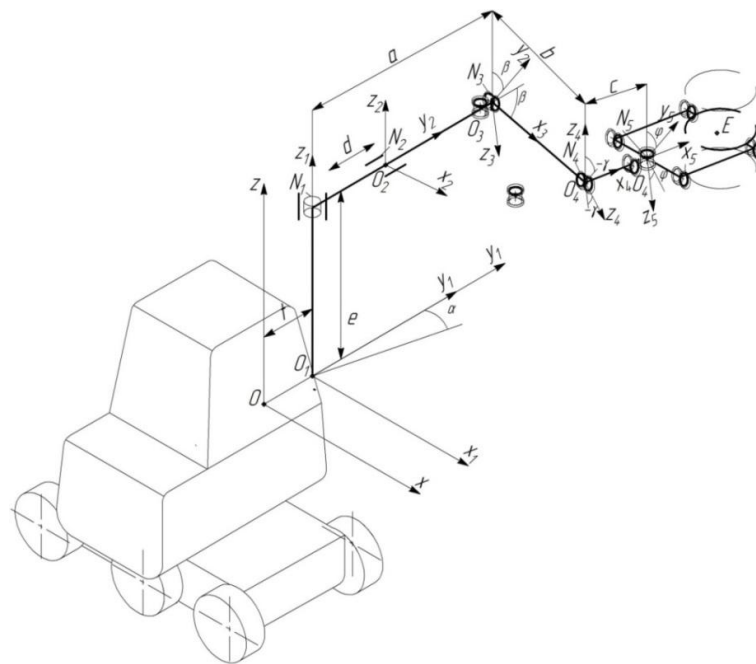


Рис. 2. Кинематическая схема погрузчика

При изменении углов поворота α , β , γ , φ и длин исполнительных звеньев a , b , c , формируется рабочая зона обслуживания погрузочно-транспортного

Теоретическая рабочая зона обслуживания манипуляционного механизма строится из полученных уравнения связей.

$$\begin{cases} x_E = \sin\alpha(d-a+\Delta y_2)+c(\sin\beta\sin\alpha^2+\cos\gamma\cos\beta\sin\alpha)-b\cos\beta\sin\alpha \\ y_E = f-\cos\alpha(d-a+\Delta y_2)+\cos\alpha(d+\Delta y_2)-c(\cos\alpha\sin\beta\sin\alpha+\cos\gamma\cos\beta\cos\alpha)+b\cos\beta\cos\alpha, \\ z_E = \Delta z_1+e-c(\cos\gamma\sin\beta-\cos\beta\sin\alpha)+b\sin\beta \end{cases} \quad (1)$$

Полученная зона обслуживания ограничивается следующими пределами, минимальные значения по осям $x = -2002$ мм, $y = -748$ мм, $z = -748.528$ мм, и максимальные значения по осям $x = 2000$ мм, $y = 1320$ мм, $z = 1320$ мм;

При перемещении погрузочно-транспортного

агрегата, с грузом или без, по объекту и позиционировании захватного устройства в пределах сформированной зоны обслуживания, возникает вопрос о расчете погрузчика на устойчивость, в продольной и поперечной плоскостях [3, 4].

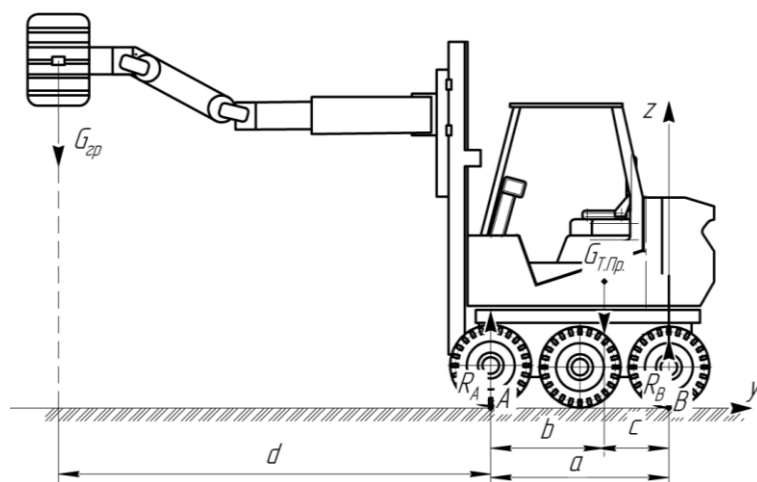


Рис. 3. Схема погрузочно-транспортного агрегата по расчету устойчивости в продольной плоскости

Условие продольной устойчивости механизма погрузчика зависит от массы поднимаемого груза, при максимальном выдвижении стрелы манипуляционного механизма (рис.3).

Сумма моментов относительно передних колес шасси погрузчик, точки A .

$$\sum M(A)$$

$$d \cdot G_{zp} - b \cdot G_{T.Пp.} + a \cdot R_B = 0 \quad (2)$$

по условию, опора задних колес равно нулю, поэтому формула (2), принимает вид

$$G_{zp} = \frac{b \cdot G_{T.Пp.}}{d} = \frac{1,3 \cdot 1700}{2,4} = 920 \text{ кг} \quad (3)$$

a – колесная база шасси погрузчика; b – расстояние от центра тяжести погрузочно-транспортного агрегата до передней оси колес; $G_{T.Пp.}$ – центр тяжести механизма погрузочно-транспортного агрегата; G_{zp} – масса поднимаемого груза.

Масса груза при котором произойдет опрокидывание механизма составил 920 кг.

При выполнении технологической операции погрузчиком в поперечной плоскости, возможно перемещение шасси по поверхностям, имеющим уклон, поэтому может произойти разгрузка одной из опор и механизм погрузчика опрокинется (рис. 4) [5, 6].

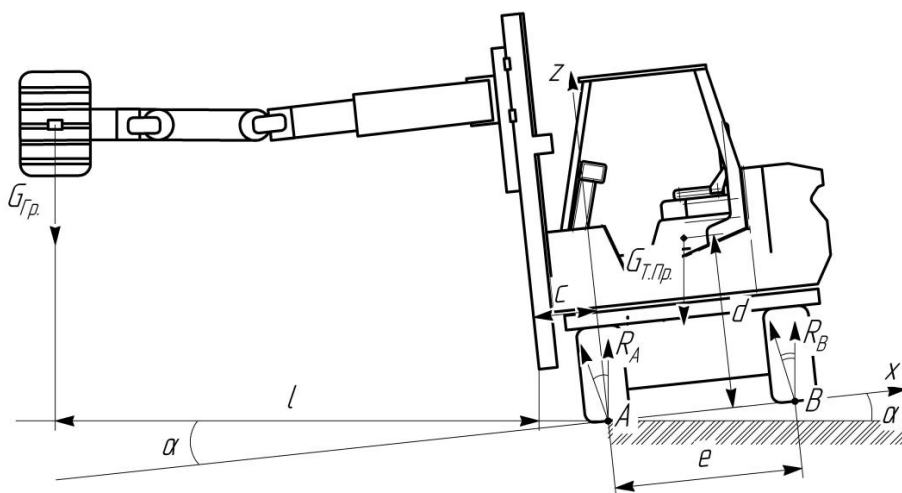


Рис. 4. Схема погрузчика-штабелера по определению устойчивости в поперечной плоскости:

e – колея шасси погрузочно-транспортного агрегата (плоскость zx); d – расстояние от плоскости xu перемещения до центра тяжести погрузочно-транспортного агрегата; α – угол поперечного уклона

Сумма моментов относительно неподвижной опоры, точки A .

$$\sum M(A)$$

$$G_{T.Пp.} \cos \alpha \cdot e - G_{zp} (l \cos \alpha + c) = 0 \quad (4)$$

$$542 \cos \alpha - 480 \cos \alpha - 60 = 0 \quad (5)$$

$$\cos \alpha = \frac{60}{62} \quad (6)$$

$$\arccos(0,97) = 14,069^\circ \quad (7)$$

Проведенный расчет на устойчивость показал, что максимальный вес груза составил 9200 Н и угол, при котором произойдет опрокидывание механизма в поперечной плоскости равен $\alpha \leq 14,069$.

Результаты полученных исследований соответствуют нормам погрузчиков при работе

в складских помещениях ГОСТ 18962–86 и ISO 3691–80. Поведено кинематическое исследование механизма погрузочно-транспортного агрегата. Посчитана и сформирована зона обслуживания погрузчика [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жадановский, Б. В. Организация строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в строительстве автомобильными кранами / Б. В. Жадановский, С. А. Синенко, И. М. Мирошникова // Системные технологии. – 2018. – № 2 (27). – С. 41–48.
2. Лагерева, А. В. Влияние анкерки выносных опор на устойчивость мобильных транспортно-технологических машин, оснащенных стреловыми манипуляционными системами / А. В. Лагерева, И. А. Лагерева // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2018. – № 2. – С. 152–169.

3. Ковалева, Т. Е. Сравнительный анализ вил погрузчика компьютерным моделированием / Т. Е. Ковалева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 3. – С. 316–318.

4. Потахов, Е. А. Методика контроля местной и общей устойчивости телескопической стрелы грузоподъемного крана / Е. А. Потахов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16. – № 2 (66). – С. 110–121.

5. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipu-

lator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 747(1). doi: 10.1088/1757-899X/747/1/012125

6. Nikolaev, M., Nesmianov, I., Zhoga, V., Ivanov, A. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport // Smart Innovation, Systems and Technologies 2022. 245. doi: 10.1007/978-981-16-3349-2_20

7. Zhoga V. V., Skakunov V. N., Terekhov S. E., Belikov V. A. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers International Review of Mechanical Engineering. 2017. T. 11. № 5. pp. 337–342.

УДК681.5.042

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-58-61

М. Д. Редько, А. Д. Редько, Е. В. Стегачев

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УЧЕБНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА, МОДЕЛИРУЮЩЕГО РАБОТУ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: mihailredko130@gmail.com

В статье рассматривается разработка схемы учебно-испытательного стенда, моделирующего работу автоматизированной насосной станции. Основной упор сделан на интеграцию технических решений и их взаимосвязь в рамках обучения студентов технических специальностей. Представлена структура стенда, описаны технические решения.

Ключевые слова: учебно-испытательный стенд, насосная станция, SCADA, программируемый логический контроллер, частотное регулирование.

M. D. Redko, A. D. Redko, E. V. Stegachev

DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR AN EDUCATIONAL-TESTING STAND, SIMULATING THE OPERATION OF A PUMP STATION

Volgograd State Technical University

The article discusses the development of a scheme for a training and test stand, simulating the operation of an automated pumping station. The main focus is on the integration of technical solutions and their interrelation within the framework of educating students in technical specialties. The structure of the stand is presented, and technical solutions are described.

Keywords: training stand, pump station, SCADA, programmable logic controller, frequency regulation.

Важным аспектом образования в высших учебных заведениях, занимающихся подготовкой студентов по техническим специальностям, является знакомство и взаимодействие с широким спектром технического оборудования автоматизированных систем. Учебные лабораторные стенды играют центральную роль в обеспечении качественного и практико-ориентированного обучения.

Лабораторные стенды для учебных заведений в основном разрабатываются частными компаниями, однако эти коммерческие решения часто сталкиваются с рядом проблем. Многие из них либо имеют высокую стоимость, что делает их недоступными для широкого круга образовательных учреждений, либо предлагают

избыточный и часто поверхностный функционал. Это обеспечивает обучение по широкому кругу направлений, но ограничивает возможности студентов получить глубокие знания и практические навыки в конкретных, узкоспециализированных областях. Таким образом, актуальность разработки специализированного учебно-испытательного стенда, который был бы адаптирован под конкретные образовательные программы и потребности, становится очевидной.

Целью данной работы является повышение качества практической подготовки студентов в области автоматизации и управления технологическими процессами и производствами за счет разработки учебного стенда, модели-

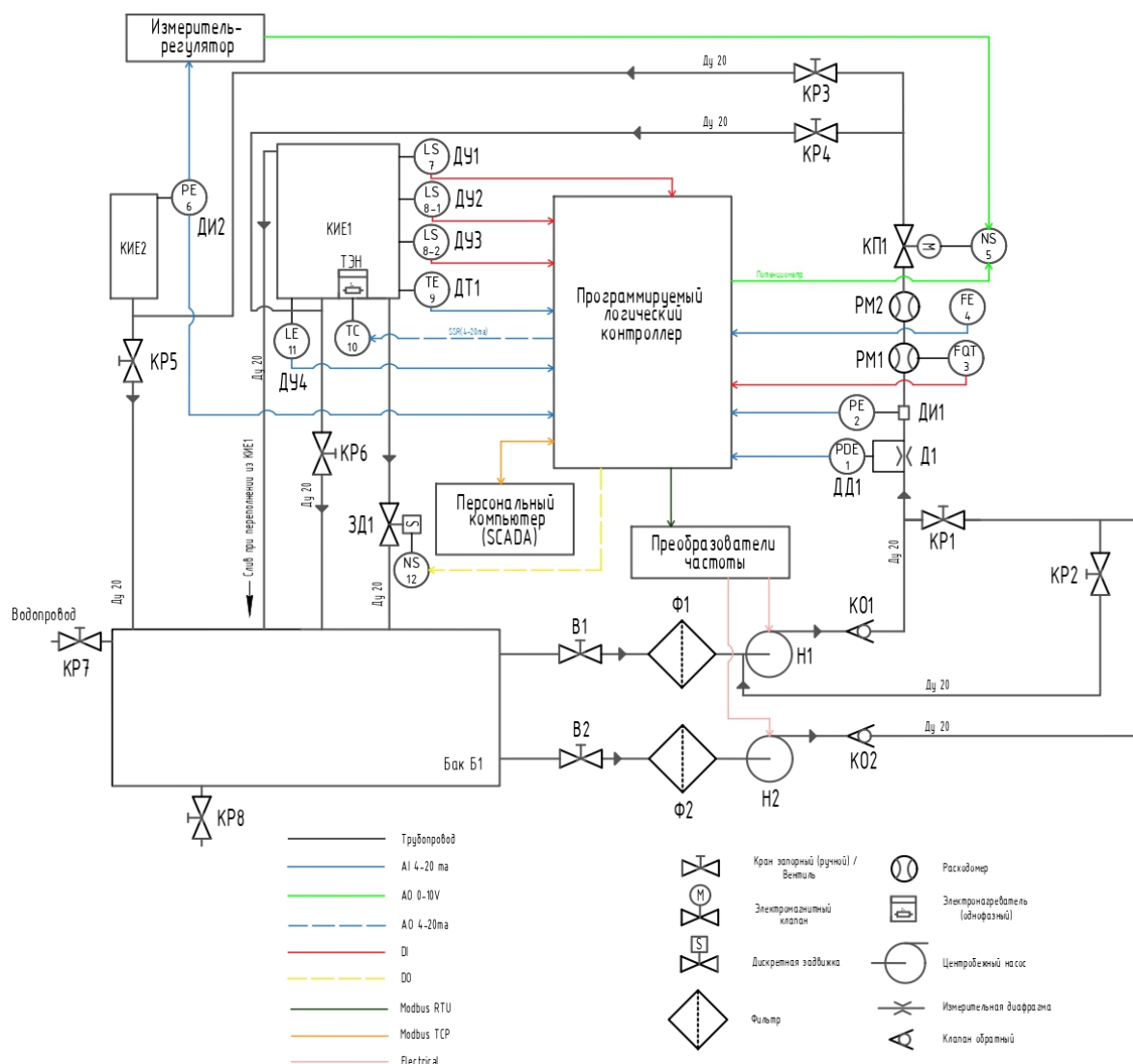
рующего работу автоматизированной насосной станции.

Для достижения данной цели были определены ключевые функциональные возможности стенда, необходимое оборудование и программное обеспечение; произведен обзор различных технических решений, которые могут быть использованы, разработана схема стенда.

Функциональные возможности стенда определяются интеграцией различных технологий и оборудования, максимально приближенных к реальным производственным условиям. Для поддержки как образовательного процесса, так и исследовательской деятельности студентов,

стенд должен включать в себя средства для сбора, регистрации и анализа данных, различные исполнительные устройства, систему управления с разными принципами регулирования, а также должны использоваться разнообразные виды промышленной связи оборудования и системы управления. Эти инструменты позволят студентам изучать различные аспекты автоматизации, проводить эксперименты, направленные на оптимизацию процессов управления и регулирования, а также разрабатывать собственные алгоритмы управления.

На основе данных требований была разработана схема учебно-испытательного стенда, представленная на рисунке.



Структурная схема учебно-испытательного стенда

Схема представляет устройство стенда и связь его элементов. Для проведения работ, связанных с контролем и регулированием рас-

хода, уровня и температуры жидкости используется контрольно-измерительная емкость 1 (КИЕ1), а для измерения избыточного давления

в замкнутой емкости – контрольно-измерительная емкость 2 (КИЕ2).

Измерение расхода реализовано тремя разными методами:

1) методом переменного перепада давления (с помощью измерительной диафрагмы Д1 с подключенным к ней датчиком дифференциального давления ДД1);

2) объемным методом (с помощью тахометрического расходомера (счетчика) с импульсным выходом РМ1);

3) электромагнитным методом (с помощью электромагнитного расходомера РМ2).

Контроль уровня жидкости осуществляется с помощью аналогового датчика гидростатического давления погружного типа (ДУ4) и дискретных поплавковых датчиков уровня (ДУ1-ДУ3).

Давление жидкости в трубопроводе и в емкости измеряется с помощью промышленных датчиков избыточного давления с аналоговыми выходами (ДДИ1 и ДДИ2).

Температура воды в измерительной емкости контролируется с помощью термопреобразователя (ДТ1).

Все выбранные аналоговые средства контроля имеют выходной сигнал 4-20мА и достаточные показатели диапазона измерения и точности, что гарантирует высокую точность получаемых данных. Применение различных методов и видов оборудования для измерения технологических параметров жидкости позволяет глубже понять физические принципы работы оборудования, повысить точность и надежность измерений за счет сравнения разных методов, обеспечить получение универсальных навыков, важных в профессиональной среде, где может потребоваться применение различных подходов в зависимости от конкретной задачи. Также это готовит студентов и специалистов к реальным производственным и исследовательским условиям, где часто требуется гибкость в выборе методов измерения для разных ситуаций.

Исполнительными механизмами, выполняющими функции по поддержанию и корректировке технологических параметров в системе регулирования, являются пропорциональный клапан с выходным сигналом 0-10В, дискретная задвижка, а также группа насосов с частотно-регулируемым электроприводом. Регулирование температуры осуществляется посредством трубчатого электронагревателя (ТЭНа).

Использование частотно-регулируемого электропривода (ЧРП) в учебном стенде предоставляет возможность исследовать перспективные и современные методы контроля частоты вращения вала электродвигателя, что усиливает практическую и исследовательскую ценность обучения. ЧРП обеспечивает точное управление параметрами электродвигателя, особенно важное для регулирования давления в насосных системах [1].

Пропорциональный клапан используется для регулирования расхода и давления жидкости в системе через дросселирование потока. Дросселирование представляет собой широко применяемый метод управления в технических системах. Эффективность этого метода обусловлена его способностью обеспечивать точное регулирование при минимальных энергетических затратах, что делает его предпочтительным выбором во многих инженерных решениях.

Дискретная двухпозиционная задвижка предотвращает заполнение КИЕ1, открываясь если уровень воды достигнет аварийного значения, также может использоваться для сокращения длительности слива жидкости в технологический бак (Б1).

Для эффективного регулирования мощности ТЭНа использовано однофазное твердотельное реле с фазовым методом управления и аналоговым управляющим сигналом 4-20мА. Фазное регулирование мощности заключается в контроле фазы переменного тока, подаваемого на ТЭН с помощью симистора. Этот метод позволяет точно регулировать мощность ТЭНа, изменяя длительность каждого цикла напряжения, который подается на нагревательный элемент. Таким образом, фазное регулирование обеспечивает более точный контроль температуры и эффективность энергопотребления по сравнению с другими методами регулирования [2].

Средний уровень автоматизации стенда представлен ПЛК и измерителем-регулятором. Современные ПЛК позволяют разрабатывать сложные и гибкие алгоритмы управления, а также осуществлять регулирование процессов с применением различных законов регулирования. Например, управление пропорциональным клапаном возможно осуществлять как при помощи ПЛК, так и при помощи измерителя регулятора по П-закону, а регулятором мощности ТЭНа – с помощью ПИД-регулятора, реализованного на контроллере программно. Входной сигнал на преобразователи частоты также подается с ПЛК.

Верхний уровень автоматизации на стенде представлен системой SCADA. Это обеспечивает визуализацию и мониторинг процессов в реальном времени, а также позволяет студентам разрабатывать пользовательские интерфейсы и настройки системы визуализации. Важно, чтобы SCADA-система была гибкой и позволяла студентам настраивать и модифицировать ее в соответствии с их исследовательскими задачами.

Взаимосвязь устройств верхнего и среднего уровня осуществляется на базе промышленных протоколов связи. Частотные преобразователи, измеритель-регулятор и ПЛК связываются между собой по сетевому протоколу Modbus RTU, использующему последовательные линии связи (интерфейсы) RS-485. В то время как связь с верхним уровнем осуществляется по Modbus TCP/IP, работающему в сетях Ethernet. Это позволит студентам изучить различные способы и обеспечит понимание принципов промышленной связи [3]. Взаимосвязь устройств среднего и нижнего уровня осуществляется на базе унифицированных промышленных аналоговых (0-20 мА или 0-10 В) и дискретных интерфейсов.

Разработанная концепция и схема учебно-испытательного стенда включает в себя интеграцию современных технологий и оборудова-

ния, что позволяет достигнуть комплексного и реалистичного подхода к обучению и исследованиям. Применение различных технических решений подчеркивает стремление к созданию функционального и гибкого образовательного инструмента, способного адекватно отражать реальные производственные процессы и требования, а также адаптации под конкретные образовательные программы и потребности.

Результаты исследования могут быть использованы при проектировании и изготовлении подобного учебно-испытательного оборудования, а также при его эксплуатации при внедрении в качестве лабораторного практикума в образовательных программах технических направлений подготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков, А. В. Энергосберегающее управление скоростью частотно-регулируемого асинхронного двигателя в пуско-тормозных режимах / А. В. Волков, А. А. Колесников // Электротехника. – 2013. – № 5. – С. 2–9.
2. Исраков, А. Х. Высокотемпературный нагреватель с симисторным управлением / А. Х. Исраков, С. С. Березуева // Science Time. – 2016. – № 5(29). – С. 265–269.
3. Китаев, Д. В. Промышленные протоколы передачи данных / Д. В. Китаев, В. В. Денисенко // Материалы студенческой научной конференции за 2018 год. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. – С. 511–512.

УДК 621.9 (031)

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-61-65

Д. С. Сейбель¹, Е. Г. Крылов¹, Н. В. Козловцева¹, А. В. Капитанов²

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

¹Волгоградский государственный технический университет

²Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

E-mail: app@vstu.ru

В статье описана автоматизированная система подготовки инструментальных комплектов для обрабатывающего оборудования с ЧПУ, предназначенная для повышения эффективности решения ряда задач, связанных с организацией информационных и материальных потоков на автоматизированном участке обрабатывающего оборудования с ЧПУ.

Ключевые слова: инструментальный комплект, режущий инструмент, автоматизированная система инструментального обеспечения, центральный инструментальный состав, участок инструментальной подготовки.

D. S. Seibel¹, E. G. Krylov¹, N. V. Kozlovtsava¹, A. V. Kapitanov²

AUTOMATED SYSTEM FOR THE PREPARATION OF TOOL KITS FOR CNC MACHINING EQUIPMENT

¹Volgograd State Technical University

²Moscow State Technological University «STANKIN»

The article describes an automated system for the preparation of tool kits for CNC machining equipment, designed to improve the efficiency of solving a number of tasks related to the organization of information and material flows at an automated site of CNC machining equipment.

Keywords: tool kit, cutting tool, automated tool support system, central instrumental composition, the site of instrumental preparation.

Для стабильной работы автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) необходима достоверная технологическая информация, полученная на стадии разработки и отладки технологических процессов обработки деталей, которая должна передаваться в САПР ТПП [1, 2]. Для каждого типоразмера инструмента должна быть информация, содержащая:

- область применения и конструктивные параметры инструмента;
- предельные значения износа режущей кромки и критерии отказа;
- параметры закона распределения отказов инструмента;
- параметры инструмента, подлежащие автоматизированному контролю;
- средний ресурс (стойкость);
- средние затраты времени на инструментальное обеспечение и выполнение функций, связанных с подготовкой и использованием инструмента;
- отлаженные для конкретной группы типовых поверхностей деталей опорные режимы резания, стойкость, количество резервных инструментов при фиксированных партиях обработки конкретных деталей.

Указанные сведения должны быть занесены в индивидуальную анкету инструмента, хранимую в базе данных САПР ТПП. В итоге в анкету инструмента входят следующие сведения: кодовое обозначение инструмента, геометрические параметры, марка инструментального материала, диапазон рекомендуемых режимов резания и средняя стойкость, максимально допустимая величина износа, норма расхода, затраты, связанные с эксплуатацией и устранением отказов, количество резервных инструментов, типоразмеры вспомогательного инструмента, используемого в сборе с данным инструментом.

Для корректной работы системы в ней также должны быть заложены следующие массивы данных: каталоги и анкеты режущих инструментов; каталог инструментальных материалов; каталоги режущих пластин; каталог групп и марок обрабатываемых материалов; каталог станков; каталог заводов-изготовителей инструмента. Информационная система работает с группами деталей, сформированными по близости обрабатываемого материала, геометрических параметров поверхностей и технологических требований (точность, шероховатость).

На рис. 1 представлен алгоритм работы автоматизированной системы выбора инструмен-

тов, состоящий из следующих основных блоков.

1. Ввод исходных данных.

Исходными данными по группе деталей являются: цех, участок, модель станка, количество наименований деталей в группе, чертежи деталей, размеры заготовки, величина партии, материал детали (твердость, прочность), тип крепления детали при обработке. Для детали, обрабатываемой с двух сторон (за два установа), каждая сторона рассматривается как отдельная деталь.

2. Определение вариантов номенклатуры инструментов.

В зависимости от набора конструктивно-технологических факторов, характеризующих обработку данной детали (тип и вид обработки, свойства обрабатываемого материала и др.) в соответствии с методикой многокритериального оптимизационного выбора, из каталогов выбираются типоразмеры инструментов, которые позволяют получить заданную поверхность с учетом технологических условий обработки. В каталог режущих инструментов и пластин должны быть включены находящиеся наибольшее применение режущие инструменты прогрессивных конструкций. При отсутствии в каталогах требуемого инструмента формируется обращение в САПР ТПП для проектирования специального инструмента.

3. Выбор оптимального инструментального комплекта

В результате решения на предыдущем этапе задачи многокритериального выбора возникает несколько (2-5) вариантов формирования номенклатуры инструментов, необходимых для изготовления детали на данном станке, из которых производится выбор оптимального инструментального комплекта в соответствии с принятым критерием оптимальности (производительность, себестоимость). Затем формируется описание инструментального комплекта для обработки данной детали: количество инструментов, их наименование и обозначение, типоразмеры и марки режущих пластин. Автоматизированная система формирования и эксплуатации инструментальных комплектов на станках с ЧПУ должна решать следующие задачи:

- 1) сформировать заказ режущего инструмента – обеспечить входной контроль качества; уточнить операционные нормы расхода и запаса; получить инструмент из центрального инструментального склада (ЦИС) и инструментального цеха (ИЦ); складировать необходимый для операции инструмент;



Рис. 1. Алгоритм выбора оптимального инструментального комплекта

2) подготовить инструмент к работе – выполнить операции комплектования, настройки, измерения;

3) транспортировать основные и резервные инструментальные комплекты на общецеховой склад или на рабочие места;

4) контролировать работоспособное состояние инструмента – обеспечивать оперативный контроль в процессе обработки детали; принимать решение о подналадке или замене инструмента; корректировать режимы обработки, количество резервных инструментов и нормы

расхода; собирать информацию о простоях станков, из-за отказов инструментов;

5) транспортировать отработавший инструмент – собирать информацию о состоянии отработавшего инструмента; контролировать расхода инструментов на рабочих местах; сортировать и транспортировать инструмента на восстановление или утилизацию.

Структура автоматизированной системы формирования и использования инструментальных комплектов в АСИО представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема формирования и эксплуатации инструментальных комплектов в АСИО

Рассмотрим содержание блоков автоматизированной системы.

Блок 1. Формирование заказа на инструменты.

Подготовка механической обработки детали по отлаженному технологическому процессу начинается с получения задания из технологического бюро цеха. Проверяется наличие в инструментально-раздаточной кладовой (ИРК) требуемого инструмента и достаточность оборотного фонда и при необходимости составляется заявка в инструментальный отдел ЦИС. При отсутствии сведений о расходе инструмента производится расчет расхода с занесением результатов в банк данных. Подобранный по заявке цеха инструмент доставляется на участок инструментальной подготовки (УИП), где проходит 100 %-ный контроль качества с последующим складированием годного инструмента и возвратом некачественного инструмента на ЦИС для рекламации.

Блок 2. Подготовка инструментальных комплектов.

Подготовка комплектов-инструментов осуществляется за 1–2 дня до начала запуска в обработку партии деталей. Подбираются основной комплект инструментов на смены, комплект переналадки, а также при необходимости — комплект резервных инструментов. Сформированные комплекты размещаются в кассетах на свободных паллетах в ориентированном состоянии.

Блок 3. Транспортирование инструментов.

Транспортирование паллет с подготовленными комплектами на цеховой склад и с него на рабочие места осуществляется цеховым автоматическим транспортом. По сигналу от управляющей ЭВМ или по запросу наладчика паллета с инструментом доставляется к отдельным станкам, либо на участки станков, где инструмент распределяется на рабочие места.

Блок 4. Наладка инструментов.

В случае переналадки наладчик снимает либо весь комплект, либо отдельные инструменты. Если снимаемые инструменты в ближайшее время будут использоваться на автоматизированном участке, то наладчик или оставляет их на станке или передает на другой станок. Если инструмент годен и не будет использоваться в ближайшее время, то он отправляется на паллете в УИП. В случае, если снимаются только частные инструменты комплекта, наладчик или средства диагностики оценивают состояние режущих кромок общих инструментов и принимается решение о продолжении ими работы, подналадке или замене. В случае, если на станок был доставлен подготовленный заранее комплект резервных инструментов, то производится проверка его достаточности и при необходимости подается заявка на подготовку дополнительных инструментов и корректировку нормы расхода.

Блок 5. Контроль расхода инструмента.

Контроль расхода инструмента осуществляется на основании расчетов производительности обработки при безусловном выполнении требований по качеству деталей. В случаях сбоев по производительности, увеличения сменного расхода инструмента инженерная служба УИП формирует заявку для дополнительных наблюдений по выявлению нарушений стабильности автоматизированной работы оборудования. По результатам контроля при необходимости корректируются режимы резания, нормы расхода и простоев станков.

Блок 6. Восстановление и утилизация.

В УИП изношенный инструмент проходит разбраковку. Годный инструмент отправляется на промежуточный стеллаж ИРК, негодный инструмент утилизируют.

Конечным результатом работы рассмотренной системы является упрощение формирова-

ния заказа номенклатуры режущего и вспомогательного инструмента для изготовления деталей, ускорение процесса подготовки инструментов к использованию по целевому назначению, организацию базы данных по используемым инструментам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов, Е. Г. Автоматизация подготовки инструментального оснащения обрабатывающего оборудования с ЧПУ : монография / Е. Г. Крылов. – Волгоград : ВолгГТУ, 2018. – 139 с.
2. Сердобинцев, Ю. П. Проблемно-ориентированный подход к повышению качества функционирования инструментальной оснастки на обрабатывающих центрах / Ю. П. Сердобинцев, Е. Г. Крылов // СТИН. – 2015. – № 3. – С. 9–13.

УДК 628.86

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-65-67

И. А. Слесарев, Е. Г. Крылов

АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТАЛЬНЫХ ТРУБ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

В статье описана структура автоматизированной линии контроля сплошности и толщинометрии бесшовных стальных труб на базе установки ультразвукового контроля.

Ключевые слова: надежность, дефекты, эхо-метод, неразрушающий контроль, стальные трубы.

I. A. Slesarev, E. G. Krylov

AUTOMATION OF NON-DESTRUCTIVE TESTING STEEL PIPE

Volgograd State Technical University

The article describes the structure of an automated line for monitoring continuity and thickness gauging of seamless steel pipes based on an ultrasonic testing installation.

Keywords: reliability, defects, echo-method, unbreakable control, steel pipes.

Повышение уровня надежности и увеличение ресурса машин и возможно только при условии выпуска продукции высокого качества во всех отраслях машиностроения. Это требует непрерывного совершенствования технологии производства и методов контроля качества. В ряде случаев выборочный контроль исходного металла, заготовок и готовых изделий ответственного назначения не гарантирует их высокое качество, особенно при серийном изготовлении [1]. В настоящее время все более широкое распространение получает неразрушающий контроль продукции на отдельных этапах производства [2].

Автоматизированная установка контроля бесшовных труб «МАЯК-8-052» предназначена для иммерсионного ультразвукового контроля (УЗК) сплошности и толщинометрии бесшовных труб. Она обеспечивает непрерывное сканирование всего объема металла с помощью пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) и осуществляет поиск в металле дефектов типа скоплений неметаллических включений, расслоений, трещин, загрязнений, закатов,

вмятин и других нарушений сплошности.

Для эффективного контроля труб выделен ряд требований. Трубы на контроль должны поступать гладкими, достаточно ровными (в пределах допуска на кривизну), не иметь заусенцев на концах и грубых видимых дефектов по телу трубы. Разрешается контролировать трубы только после обрезки концов, снятия наружной фаски на обоих концах, а также после продувки внутренней полости трубы.

Каждый пакет труб, поступающий на участок неразрушающего контроля, должен иметь бирку, подписанную контролером ОТК, на которой указаны:

- типоразмер труб (наружный диаметр и толщина стенки);
- марка стали;
- номер плавки;
- номер пакета;
- номер партии термообработки (если она производилась);
- количество труб в пакете;
- стандарт, ТУ или ГОСТ;
- особые условия.

Ультразвуковой контроль проводится с целью выявления и отбраковки труб, имеющих недопустимые дефекты продольной и поперечной ориентации, отклонения от предельно допустимых размеров по толщине стенки и диаметру. Необходимые параметры и допуски при контроле обеспечиваются настройкой аппаратуры на стандартных образцах.

Установка обеспечивает автоматизированный контроль бесшовных труб при помощи подсистем контроля продольных и поперечных дефектов. УЗК осуществляется эхо-методом. В установке реализован совмещенный режим работы акустических преобразователей. Прозвучивание трубы в процессе контроля осуществляется по окружности, по часовой стрелке и против – для выявления продольных дефектов, а также вдоль образующей, по ходу и против движения трубы – для выявления поперечных дефектов. Прозвучивание в двух направлениях повышает надежность и достоверность УЗК. Для контроля толщины стенки прозвучивание осуществляется по радиусу.

Автоматизированная установка «Маяк-8-052» является сложным техническим комплексом включающим:

- механическое оборудование;
- электронно-акустическую систему контроля;
- систему автоматического управления;
- управляющий вычислительный комплекс;
- систему электропитания.

Механическое оборудование осуществляет функцию транспортировки труб с заданной скоростью через измерительные модули УЗК и устройства вихретокового контроля (ВТК). При этом труба в процессе контроля движется спирально и по ходу движения сначала проходит через модуль контроля продольных дефектов и толщинометрии, а затем – через модуль контроля поперечных дефектов.

Электронно-акустическая система контроля обеспечивает непрерывное сплошное сканирование металла движущейся трубы с помощью двух модулей ПЭП. Измерительные модули подсистем контроля поперечных дефектов, продольных дефектов и толщинометрии в установке конструктивно разделены и размещаются неподвижно. Первый по ходу движения трубы модуль снабжен двенадцатью наклонными датчиками для контроля продольных (L) дефектов и четырьмя прямыми датчиками для контроля толщины стенки. Второй модуль

снабжен двадцатью четырьмя наклонными датчиками для контроля поперечных (Q) дефектов. Формирование зондирующих импульсов, прием и первичная обработка эхо-сигналов обеспечивается электронной аппаратурой, затем полученные данные УЗК в цифровом виде передаются для дальнейшей программной обработки.

Предлагается для повышения эффективности контроля труб в автоматизированной линии разместить установки вихретокового контроля «МАГНАТЕСТ» и «ДЕФЕКТОМАТ», установку УЗК «Маяк 8-052» и устройство размагничивания труб.

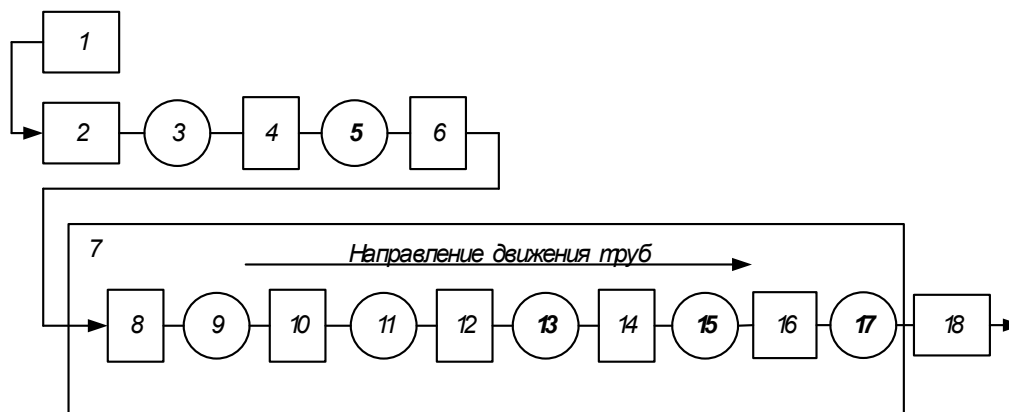
Линия работает следующим образом. Перед подачей в линию контроля трубы поступают на продувочный желоб. В системе датчиков установки «ДЕФЕКТОМАТ» используются три катушки: одна из них является намагничивающей, две другие измерительные, включены встречно. Труба в процессе контроля движется поступательно и по ходу движения проходит через систему датчиков. При отсутствии дефекта электродвижущие силы (э.д.с.) от вихревых токов в обеих измерительных катушках (датчиках) одинаковы, и в результате их встречного включения э.д.с. на выходе системы датчиков будет равна нулю. При прохождении дефектного участка трубы через одну из измерительных катушек появляется э.д.с., не скомпенсированная на выходе системы датчиков. Полученный сигнал обрабатывается электронной аппаратурой и индицируется на экране, а также поступает на самописец и на АРМ оператора для последующей распечатки в протоколе результатов контроля труб.

В установке «Маяк-8-052» используется иммерсионный способ акустического контакта. Для этого в роторы подается вода из хозяйственного водопровода. Труба в процессе контроля движется поступательно и по ходу движения сначала проходит через первый ротор для контроля поперечных дефектов, а затем через второй ротор для контроля продольных дефектов и отклонений по геометрии. ПЭП, вращаясь вокруг трубы, обеспечивают 100%-е сканирование поверхности за исключением концов труб. Эхоимпульсы, преобразованные ПЭП в электрические сигналы, поступают к приборам для измерения толщины стенки и наружного диаметра, с выходов которых аналоговые сигналы передаются на АЦП для подсчета эксцентриситета, овальности и отклонения от номинальной толщины стенки.

Проконтролированные трубы подаются на установку размагничивания, где проходят через катушки постоянного и переменного тока. Катушка постоянного тока производит первоначальное размагничивание трубы, путем создания магнитного поля, противоположного намагничивающему полю установки «ДЕФЕКТОМАТ».

Катушка переменного тока осуществляет окончательное размагничивание трубы переменным полем до намагниченности, не превышающей 3 мТл (30 Гс).

Схема расположения оборудования приведена на рисунке.



Структурная схема расположения оборудования линии неразрушающего контроля труб

На рисунке первой до ходу движения трубы расположена установка обеспыливания труб 1, состоящая из накопительного стеллажа, ротационного передаточного устройства (дозатор), ступенчатого подъемного устройства, продувочного желоба и транспортного рольганга. За транспортным рольгангом продувочного желоба расположен подводящий рольганг, который состоит из подъемно-опускного рольганга с V-образными роликами 2 и из рольганга с дисками 3, ведущего элемента 4, стола с датчиком прибора «МАГНАТЕСТ» для выявления труб из чужой марки стали 5, а также из второго ведущего элемента 6. Далее расположена платформа 7, на которой установлены: стол с датчиком прибора «ЦИРКОГРАФ» для выявления поверхностных продольных дефектов трубы 8, третий ведущий элемент 9, лазерный прибор «ДО-400» для контроля наружного диаметра труб 10, четвертый ведущий элемент 11, первая испытательная ультразвуковая ванна для выявления поперечных дефектов по всей толщине стенки трубы 12, пятый ведущий элемент 13,

вторая испытательная ультразвуковая ванна для выявления продольных дефектов по всей толщине стенки трубы и для контроля толщины стенки 14, шестой ведущий элемент 15, маркировочное устройство 16 и седьмой ведущий элемент 17. За платформой расположен отводящий рольганг 18, состоящий из двух сортирующих устройств, каждый с четырьмя накопительными карманами.

Модернизация линии неразрушающего контроля бесшовных труб путем добавления системы ультразвуковой дефектоскопии даст возможность более точно выявить соответствие стандартам качества продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулешов, В. К. Организация службы неразрушающего контроля качества / В. К. Кулешов, В. Ф. Шумихин. – Томск : ТПУ, 2011. – 186 с.
2. Неразрушающий контроль металлов и изделий: справочник / под ред. Г. С. Самойловича. – Москва : Машиностроение. – 2000. – 456 с.

УДК 62-50:531.7

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-68-71

*Д. М. Текутов, С. Г. Поступаева, Г. Г. Эджанг, И. В. Кобцева***МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: app@vstu.ru

Статья посвящена способу модернизации системы управления координатно-измерительной машины с целью повышения точности и надежности.

Ключевые слова: контрольно-измерительная машина, модернизация, системы управления, метрология, надежность.

*D. M. Tekutov, S. G. Postupaeva, G. G. Edjang, I. V. Kobtseva***MODERNIZATION OF THE CONTROL SYSTEM
OF COORDINATE MEASURING MACHINE****Volgograd State Technical University**

The article is devoted to a method for modernizing the control system of coordinate measuring machine sinorder to increase accuracy and reliability.

Keywords: coordinate measuring machine, modernization, control systems, metrology, reliability.

В настоящее время для обеспечения контроля качества деталей в промышленности применяются координатно-измерительные машины (КИМ). Их использование существенно упрощает метрологическую подготовку производства новых изделий и при этом не требуется создание большого количества специализированного измерительного оборудования.

Актуальность модернизации имеющихся КИМ заключается в том, что в рамках ограниченного бюджета, это будет существенно дешевле по сравнению с покупкой новых КИМ. В результате, модернизируемая КИМ может включать в себе современные компоненты и соответствовать современным критериям надежности и безопасности [1].

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ КИМ типа «Альфа»;
- 2) разработать алгоритм модернизации по критерию надежности;
- 3) разработать математическую модель модернизации системы управления КИМ;
- 4) определить надежность блоков системы управления КИМ «Альфа»;
- 5) разработать микропроцессорную систему управления для повышения надежности КИМ «Альфа».

Работа КИМ «Альфа» может происходить как в динамическом, так и в статическом режиме. Порядок выполнения измерений зависит от архитектуры управляющего вычислительного

комплекса. В результате проведенного анализа выяснилось, что основным недостатком КИМ «Альфа» является устаревшая элементная база, которая не соответствует современным критериям надежности и быстродействия. Чтобы устранить этот недостаток необходимо разработать новую микропроцессорную систему управления.

Модернизация в соответствии с алгоритмом проходит в семь этапов:

- 1) первый этап осуществляется в случае, когда техническая система не удовлетворяет потребностям потребителя;
- 2) на втором этапе определяются параметры системы, которые не соответствуют заданным требованиям.
- 3) на третьем этапе осуществляется разработка мероприятий для устранения несоответствий между системой и требованиями потребителя;
- 4) четвертый этап заключается в выборе конкретного варианта модернизации из нескольких предложенных;
- 5) на пятом этапе проводится оценка выбранного варианта модернизации с точки зрения его применимости (нередко этот этап совмещают с четвертым);
- 6) на шестом этапе происходит согласование предполагаемых результатов с потребителем и утверждения финального варианта модернизации;
- 7) седьмой этап является реализацией выбранной модернизации.

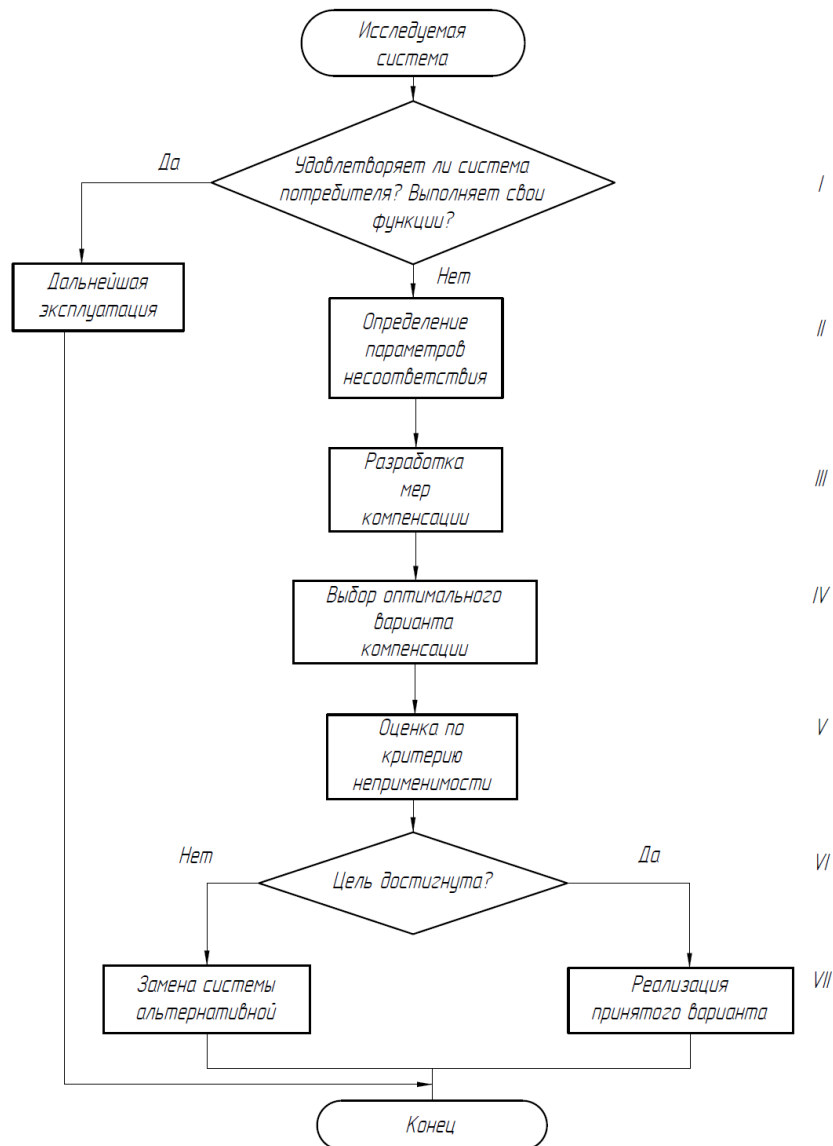


Рис. 1. Алгоритм подхода к модернизации КИМ

Для модернизации создается базовая математическая модель системы, а затем формулируются математические модели для каждого

блока системы. Каждый такой блок обладает своими характеристиками надежности [2, 3].

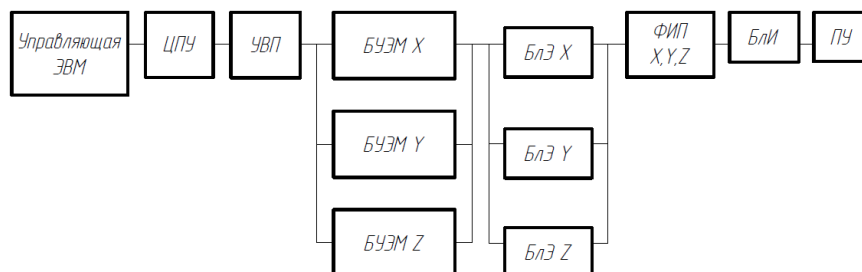


Рис. 2. Схема КИМ «Альфа» с точки зрения теории надежности

Анализ надежности системы является обязательным этапом при ее общем анализе. Как при разработке, так и при модернизации

системы, ее структура состоит из множества элементов и устройств, взаимодействие которых происходит через ряд связей. В связи

с этим каждый блок и комплекс имеют свой уровень надежности. Обеспечение надежности системы необходимо на всех этапах жизнен-

ного цикла, начиная от проектно-конструкторской разработки и заканчивая эксплуатацией комплекса.



Рис. 3. График интенсивностей отказов по блокам КИМ

После определения интенсивности отказов и периода интенсивного старения [4] каждого блока системы определяются необходимые компоненты для разработки микропроцессорной системы управления и разрабатывается МПСУ для КИМ «Альфа».

МПСУ включает в себя следующие ключевые компоненты:

1) ATmega128-16AU – центральный процессор, который отвечает за обработку и выполнение команд;

2) 74НСТ245D – восьмиканальный двунаправленный формирователь, имеет три состояния на выходе и используется для формирования и манипулирования сигналами в двух направлениях;

3) 74НСТ573D – восьмиразрядный регистр-защелка, служит для хранения и формирования данных;

4) AD7302BR – восьмиразрядный двухканальный цифровой преобразователь, преобразует цифровой сигнал в аналоговую форму;

5) AD7305BR – восьмиразрядный четырехканальный цифровой преобразователь;

6) WH2004 – жидкокристаллический дисплей для визуального вывода информации;

7) съемный Flash-накопитель, который используется для хранения и перемещения данных с МПСУ.

МПСУ обеспечивает два режима работы: режим разметки и режим измерений.

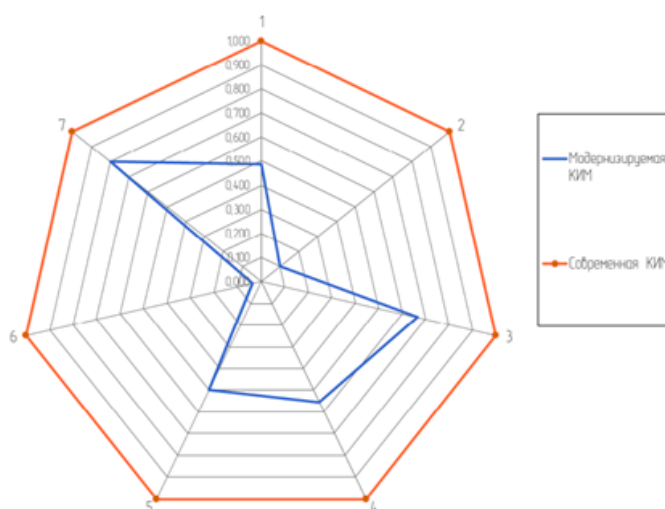


Рис. 4. Диаграмма относительных параметров системы управления КИМ до модернизации

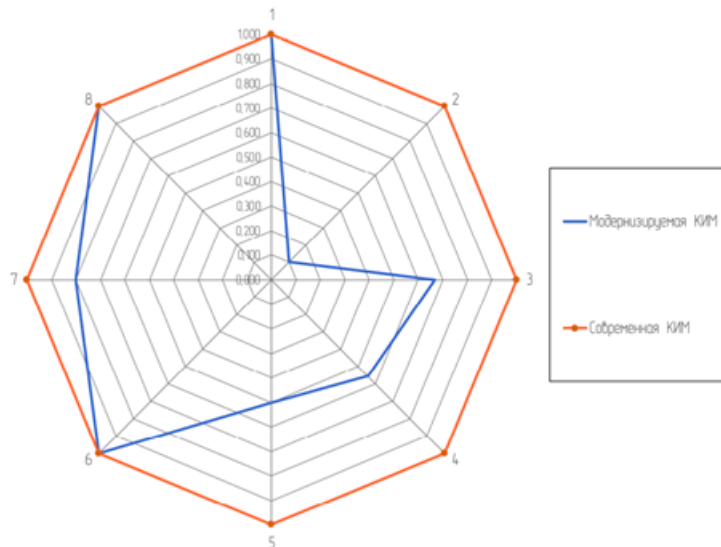


Рис. 5. Диаграмма относительных параметров системы управления КИМ после модернизации

Эффективность модернизации можно выразить коэффициентом подобия, который показывает свертку значений основных параметров модернизируемой и эталонной систем [5]. До модернизации данный коэффициент был равен 0,499, что обуславливало необходимость замены аналогового блока управления на принципиально отличающийся цифровую систему микропроцессорного управления. После модернизации данный коэффициент стал равен 0,703.

В результате модернизации удалось повысить надежность работы КИМ типа «Альфа», и увеличить время ее безотказной работы.

Найдено наиболее эффективное решение модернизации – замена блоков управляющей ЭВМ и алфавитно-печатающего устройства. Процесс формирования структуры новой системы управления включает два этапа – разработка и учет функциональных особенностей КИМ, которые необходимо интегрировать в разрабатываемую систему управления и удаления оставшихся блоков.

Установлено, что модернизированная КИМ соответствует современным системам с коэф-

фициентом 0,703, что существенно превышает коэффициент системы до модернизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антонов, А. Ю. Модернизация станков с ЧПУ на предприятии ОПК / А. Ю. Антонов, Д. П. Данилаев / Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 48–56.
2. Григораш, О. В. О надежности координатно-измерительной машины «Альфа» / О. В. Григораш, Г. И. Ильин // Измерительная техника. – 2008. – № 12. – С. 16–19.
3. Козлов, С. И. Развернутый структурный анализ систем автоматизации и его эффективность / С. И. Козлов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / Белорусская гос. сельскохозяй. академия – Горки, 2022. – Вып. 7 – С. 116–120.
4. Гапшис, А. А. Развитие современных координатных измерительных машин / А. А. Гапшис, А. Ю. Каспарайтис, В. А. Раманаускас ; НИИМаш. – Москва : НИИМаш, 1983. – 80 с.
5. Григораш, О. В. О модернизации сложных информационно-измерительных систем / О. В. Григораш, Г. И. Ильин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2008. – № 4. – С. 89–92.

УДК 621.373.826

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-1-284-72-74

*Н. В. Федорова, В. А. Климов, Г. Г. Эджанг***РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ НОВЫМ МЕТОДОМ
ПОИСКОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГАЗОРАЗРЯДНОГО ЛАЗЕРА НА УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ****Волгоградский государственный технический университет****E-mail: klimovaem9@yandex.ru**

В статье описана разработка новой конструкции газоразрядного CO₂-лазера с теплообменником при помощи нового метода поискового конструирования и системы контроля температурного режима лазерной установки, которая позволяет в автоматическом режиме осуществлять стабильные рабочие характеристики выходного лазерного излучения.

Ключевые слова: автоматический контроль температурного режима, газоразрядный лазер на углекислом газе, конструкция газового контура.

*N. V. Fedorova, V. A. Klimov, G. G. Edjang***DEVELOPMENT OF A TECHNICAL SOLUTION BY A NEW METHOD
OF EXPLORATORY DESIGN AND SYSTEM AUTOMATIC TEMPERATURE
CONTROL OF CARBON DIOXIDE DISCHARGE LASER****Volgograd State Technical University**

The article describes the development of a new design of a gas-discharge CO₂-laser with a heat exchanger using a new method of exploratory design and a system for controlling the temperature regime of a laser installation, which allows to automatically carry out stable operating characteristics of the output laser radiation.

Keywords: automatic temperature control, carbon dioxide gas discharge laser, gas circuit design.

Использование лазеров в первую очередь предполагается в технологических процессах, которые неосуществимы с помощью других источников энергии или их осуществление связано с большими энергетическими и временными затратами [5]. Газовые лазеры обладают большой выходной мощностью, относительно высоким коэффициентом полезного действия и стабильностью параметров излучения. Однако в такой системе есть свои недостатки в виде ограниченного объема газа в газовой трубке, который со временем расходуется, а с учетом того, что в газовой трубке лазера температура смеси повышается, появляется необходимость постоянного охлаждения [1, 4]. В связи с этим была разработана новая конструкция – газоразрядный CO₂-лазер с теплообменником для дополнительного охлаждения газа, которая показана на рис. 1 [2].

Устройство для охлаждения и осушки газовой среды, содержащее герметичный корпус с входными и выходными патрубками, сборник конденсата с патрубком отвода, теплообменник и фитили, отличается тем, что теплообменник выполнен в виде двух коаксиально расположенных рубашек охлаждения: внешней, служа-

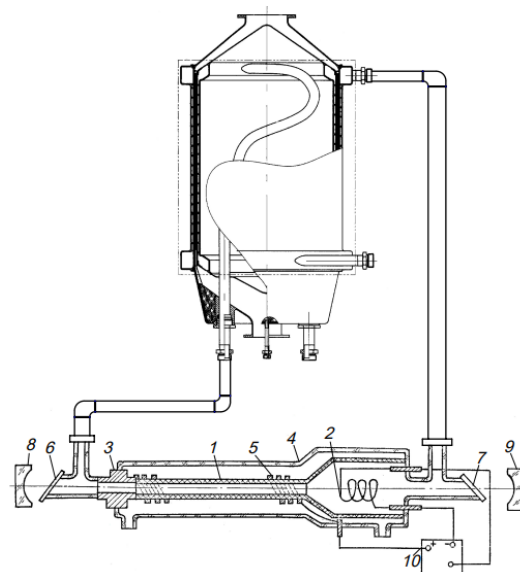


Рис. 1. Газоразрядный CO₂-лазер с теплообменником:

1 – керамический капилляр; 2 – катод; 3 – анод; 4 – рубашка охлаждения; 5 – соленоид; 6 и 7 – оптические окна; 8 и 9 – окна под углом Брюстера; 10 – источник питания

щей корпусом устройства, и внутренней, между которыми с контактом к обеим рубашкам охлаждения установлен охладитель в виде двух коаксиально расположенных труб. Внеш-

няя и внутренняя рубашки снабжены кольцевыми распределительными и сборными коллекторами и многозаходными винтовыми пазами для хладагента, а в зазоре между трубами охладителя имеются сплошные многозаходные спиральные ребра резьбового типа, принадлежащие внешней и внутренней трубам охладителя, между боковыми поверхностями спиральных ребер резьбового типа имеются щелевые спиральные проходы для газовой среды. Таким образом, разрабатываемое устройство – газоразрядный CO_2 -лазер было снабжено теплообмен-

ником. Изобретение позволяет улучшить эксплуатационные характеристики устройства, уменьшить время охлаждения потока газовой среды CO_2 -лазера, добиться более глубокого ее охлаждения и более интенсивного отделения конденсата с одновременным обеспечением минимума шумов от работы устройства и повысить надежность [6]. Для данной конструкции подобрана система управления установкой резки с использованием лазера на углекислом газе. Пример подключения лазерной стеклянной трубки CO_2 показан на рис. 2.

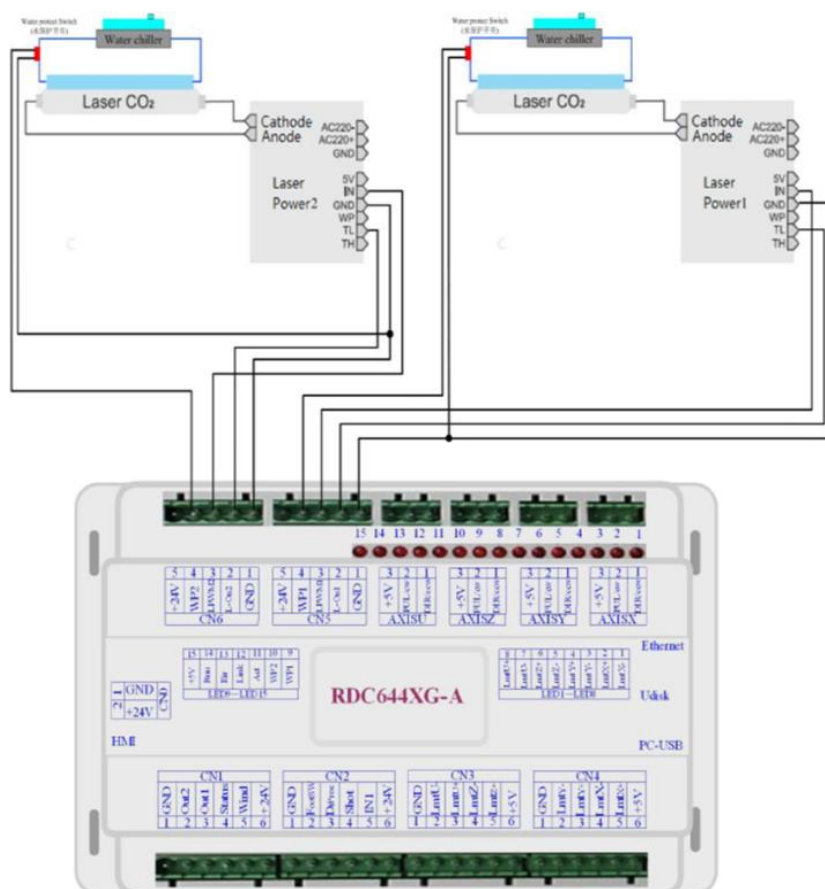


Рис. 2. Примеры подключения лазерной стеклянной трубки CO_2

Данная система управления имеет два независимых и регулируемых цифровых интерфейса контроля мощности лазера, которые могут быть использованы для управления мощностью стеклянной трубки CO_2 и RF-лазера (РЧ-излучателя). Сигналы обоих интерфейсов идентичны. Главное, правильно выбирать тип лазера, в противном случае изменение мощности будет работать некорректно. Разъем управления лазером CN5/CN6 представлен в таблице.

За счет искусственно созданного градиента температурного поля рабочая среда принудительно перемещается в зону охладителя, представляющего собой металлическую проволочную оплетку, снабженную датчиком температуры, передающего электрические сигналы в систему автоматического регулирования. В системе регулирования вырабатываются сигналы на регулирующий орган, позволяющий контролировать подачу охлаждающей жидкости в систему охлаждения.

Разъем управления лазером CN5/CN6

Пин	Обозначение	Описание
1	GND	«Земля» БП лазера
2	L-On1	Разрешающий сигнал 1. Не используется при работе с РЧ-лазерами. 2. При работе с лазерными трубками, данный разъем отвечает за включение лазера при «низком» сигнале (подключать к разъему TL блока питания). Используется для включения / выключения лазера.
3	LPWM1	Разъем управления мощностью лазера через ШИМ 1. Если используется РЧ-излучатель, то данный разъем не задействован. 2. Если блок питания лазерной трубки имеет максимум мощности при «высоком» сигнале, подключите данный разъем для управления мощностью.
4	WP1	Разъем подключения датчика потока воды для второго излучателя 1. Если защита по воде для второго излучателя включена в настройках контроллера, то контроллер будет определять входной сигнал на данном разъеме: при «низком» значении сигнала – система работает нормально, при «высоком» обработка не запустится или будет принудительно остановлена с отображением сообщения об ошибке. 2. Если защита отключена – данный разъем неактивен.
5	L-AN1	Аналоговый выход управления мощностью блока питания лазера.

Разработка технического решения с помощью нового метода поискового конструирования на основе новой информационной модели физического принципа действия, позволяет повысить эффективность труда конструктора на начальных стадиях проектирования преобразователей энергии [7, 8]. Разработка и последующее внедрение автоматической системы контроля температурного режима лазерной установки позволяет в автоматическом режиме осуществлять стабильные рабочие характеристики выходного лазерного излучения и, тем самым, добиться улучшения качества обрабатываемых деталей. При этом существенно снижаются затраты на обслуживание самого лазерного технологического комплекса [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. – Москва : Машиностроение, 1989. – 300 с.
2. Газовый лазер: пат. 1168037 Рос. Федерация: МПК

H01S 3/041 (1995.01) / М. К. Дятлов, Г. Г. Киселева, Б. П. Мирецкий. – №3653214/25 ; заявл. 18.10.1983 ; опубл. 27.04.1998.

3. Гришанов, В. Н. Системы охлаждения мощных лазеров: учеб. пособие / В. Н. Гришанов, Е. А. Изжеуров, Д. А. Угланов. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 140 с.

4. Поисковое конструирование систем охлаждения на основе инженерно-физического подхода / А. А. Яковлев, В. А. Камаев, В. С. Сорокин, С. Н. Мишустина // Информационные технологии. – 2016. – Т. 22, № 11. – С. 819–826.

5. Федоров, Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применение / Б. Ф. Федоров. – Москва : ДОСААФ, 1988. – 190 с.

6. Яковлев, А. А. Автоматизация синтеза и выбора технических решений преобразователей энергии / А. А. Яковлев, Е. В. Яковлева // Информационные технологии. – 2010. – № 11. – С. 71–78.

7. Яковлев, А. А. Синтез моделей физического принципа действия преобразователей энергии с газообразным рабочим телом / А. А. Яковлев // Информационные технологии. – 2006. – № 3. – С. 23–28.

8. Яковлев, А. А. Метод синтеза технических решений двигателей внутреннего сгорания на начальных стадиях проектирования / А. А. Яковлев // Двигателестроение. – 2005. – № 3(221). – С. 26–31.

Ответственный за выпуск Жанна Сергеевна **ТИХОНОВА**

Оригинал-макет и электронная версия издания
подготовлены редакционно-издательским отделом
Издательства ВолгГТУ

Корректурa **Н. Н. Кваши**
Компьютерная верстка: **Е. В. Макарова**

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–61113 от 19 марта 2015 г.
Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ)

Адрес редакции и издателя: 400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28.
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)
Телефон: гл. редактор – (8442) 24-80-00
E-mail: president@vstu.ru

Темплан 2024 г. Поз. № 1ж. Дата выхода в свет 29.01.2024 г. Формат 60 x 84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,84.
Уч.-изд. л. 8,61. Тираж 100 экз. Свободная цена. Заказ № 11.

Отпечатано в типографии Издательства ВолгГТУ
400005, г. Волгоград, просп. В. И. Ленина, 28, корп. 7.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В научном журнале «Известия ВолгГТУ» серии «Прогрессивные технологии в машиностроении» публикуются статьи, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований и представляют научный и практический интерес для широкого круга специалистов в области прогрессивных технологий в машиностроении.

Вопрос об опубликовании статьи или ее отклонении решает редакционная коллегия журнала, которая утверждается ректором университета, ее решение является окончательным. Редколлегия направляет представленный для издания материал на рецензирование.

К публикации допускается не более двух статей автора в выпуске.

Рукопись должна быть набрана и сверстана в текстовом редакторе Word 2003–2010 и распечатана на лазерном принтере в режиме полной загрузки тонера. Формат бумаги А4 (210×297 мм).

Для ускорения подготовки издания необходимо представлять файлы статей в электронном виде в полном соответствии с распечатанным оригиналом.

При наборе текста следует соблюдать следующие требования: поля – верхнее – 2,0 см, нижнее – 3,0 см, левое – 2,5 см, правое – 2,5 см; шрифт Times, кегль 14, интервал полуторный.

Текст набирается с применением автоматического переноса слов, перед знаками препинания (в том числе внутри скобок) пробелы не допускаются, после них ставится один пробел. Разрядка слов не допускается, следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, рисунков, таблиц. Для набора символов в формульном редакторе MS Equation (MS Word) использовать установки (Стиль/Размеры) только по умолчанию; рисунки должны быть выполнены в редакторах векторной графики, таких как CorelDRAW или в любом приложении к Word. Допускается сканирование рисунков в программе Microsoft Photo Editor.

Инициалы и фамилия автора (авторов) пишутся над заглавием статьи. Ниже заглавия, перед основным текстом, указывается организация или предприятие, в котором работает автор статьи, адрес электронной почты, а также аннотация и ключевые слова на русском языке. Затем на английском языке повторяются инициалы и фамилия автора (авторов), заглавие статьи, организация или предприятие, в котором работает автор статьи, аннотация и ключевые слова. В конце статьи ставится дата и подпись автора (всех авторов).

Литературные ссылки должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Библиографический список использованной литературы, составленный в порядке упоминания в тексте, дается в конце статьи; связь с основным текстом осуществляется цифровым порядковым номером в квадратных скобках в строке. Подстрочные ссылки не допускаются.

Иностранные фамилии и термины в тексте следует приводить в русском переводе. В библиографическом списке фамилии авторов, полное название книг и журналов приводятся на языке оригинала.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. При обозначении единиц физических величин должна применяться Международная система единиц (СИ).

Объем статьи не должен превышать семь страниц бумаги формата А4, включая таблицы и библиографический список; число рисунков – не более четырех, включая рисунки, помеченные буквами *a*, *b*, и т. д. Рекомендуется включать в журнал статьи с авторским коллективом не более четырех человек с участием каждого автора в одной-двух статьях.

Статьи должны представлять сжатое четкое изложение результатов, полученных автором, без повторов приводимых данных в тексте статьи, таблицах и рисунках. К статье должны быть приложены сведения об авторах (полное имя, отчество, фамилия, ученая степень, звание, домашний адрес, номер телефона служебный, домашний, E-mail), рецензия доктора наук, компетентного в предметной области предоставляемой статьи. Для сотрудников Волгоградского государственного технического университета и подразделений также необходима документация, подтверждающая возможность открытого опубликования (экспертное заключение о возможности опубликования статьи, акт идентификации статьи). Для сторонних авторов также должно быть приложено сопроводительное письмо на имя ответственного секретаря серии с просьбой о публикации.