

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2017 • 2

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редакторы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Боос Э.Г. проф., академик (Қазақстан)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф. (Қазақстан)
Өтелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»
ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Боос Э.Г. проф., академик (Казахстан)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан),
Леска Богуслава проф. (Польша),
Локшин В.Н. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садьбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> reports-science.kz

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017 г.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e fdoctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov****E d i t o r i a l b o a r d:****Adekenov S.M.** prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Boos E.G.** prof., academician (Kazakhstan)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Ilov M.I.** prof., academician (Tadjikistan),**Leska Boguslava** prof. (Poland),**Lokshin V.N.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof. (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Severskyi I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member. (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.****ISSN 2224-5227****ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / reports-science.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 2, Number 312 (2017), 62 – 77

S.A. Mashekov¹, D.B. Akpanbetov¹, B.N. Absadykov²,
Ye.Z. Nugman¹, M.L. Rakhmatulin¹, A.I. Poleshuk¹, A.S. Masheкова¹

¹K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty;

²A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty
mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF THE SPEED OF ROLLING STRIPS ON A MULTIFUNCTIONAL LONGITUDINAL-WEDGE MILL FOR HOT AND COLD ROLLING

Annotation. This article proposes a multifunctional longitudinal-wedge mill (LWM) of a new design for rolling thin strips. An automated system for the LWM which allows adjusting the rolling speed has been created. Automatic control of the speed of rolling strips is made at a given speed of the strip at the output of the last stand, the modes of reduction in the stands, and the law of constancy of second volumes. The speed of the strip in each stand is calculated and the speed of rotation of the rolls is set taking into account the advances. It is proved that the automated electric drive of a multifunctional longitudinal-wedge mill directly participating in the technological processes of rolling of thin strips is reliable, easy-to-use equipment that allows obtaining thin high-quality strips.

Keywords: multifunctional longitudinal-wedge mill, rolling, thin strips, automated electric drive, asynchronous motor, frequency converter.

С.А.Машеков¹, Д.Б. Акпанбетов¹, Б.Н.Абсадыков²,
Е.З. Нугман¹, М.Л. Рахматулин¹, А.И. Полещук¹, А.С.Машекова¹

¹Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, г. Алматы;

²Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, г. Алматы

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПРОКАТКИ ПОЛОС НА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ПРОДОЛЬНО-КЛИНОВОМ СТАНЕ ГОРЯЧЕЙ И ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ

Аннотация. В статье для прокатки тонких полос предложен многофункциональный продольно-клиновой стан (ПКС) новой конструкции. Для ПКС создана автоматическая система, позволяющая регулировать скорость прокатки. Автоматическое регулирование скорости прокатки полос производится по заданной скорости полосы на выходе из последней клетки, режимов обжатий в клетях и закона постоянства секундных объемов. При этом вычисляется скорость полосы в каждой клетке и, с учетом опережений, находится и задается скорость вращения валков. Доказано, что автоматизированный электропривод многофункционального продольно-клинового стана, непосредственно участвующий в технологических процессах прокатки тонких полос, является надежным, простым в эксплуатации оборудованием, позволяющим получить тонкие высококачественные полосы.

Ключевые слова: многофункциональный продольно-клиновый стан, прокатка, тонкие полосы, автоматизированный электропривод, асинхронный двигатель, преобразователь частоты.

Сегодня основным направлением повышения качества холоднокатаных полос является обеспечение минимальной продольной и поперечной разнотолщинности, а также планшетной формы полосы [1]. В настоящее время для прокатки полос с заданной толщиной и планшетностью ведутся работы, направленные на создание новых способов прокатки, новых конструкций прокатного оборудования и валковых систем, разработку автоматических систем управления качеством прокатываемых полос. Исследованы следующие факторы, приводящие к нарушению планшетности листового металла: поперечная разнотолщинность подката, неравномерность обжатия по ширине очага деформации, вызванная упругим изгибом валковой системы, тепловой выпуклостью валков, сплющиванием и износом бочек валков, и др.

Известно, что продольная и поперечная разнотолщинности планшетность прокатываемых полос во многом зависят от скоростного режима прокатки, режимов обжатий, натяжений, а также усилий прокатки [2]. На данные параметры также влияют технологические параметры, такие как форма подката, марка стали, температура металла, шероховатость поверхности заготовки и валков, упругая деформация клетей и валков и т.д.

Анализ опыта применения непрерывных станов листового проката показал, что в большинстве случаев алгоритмы системы автоматического регулирования скорости прокатки полос не позволяют точно определить скорость полосы [3]. При этом уменьшение и увеличение усилий прокатки и упругих деформаций валков приводят к колебанию величины натяжений. В итоге возрастает продольная и поперечная разнотолщинность, а также нарушается плоскостность полос.

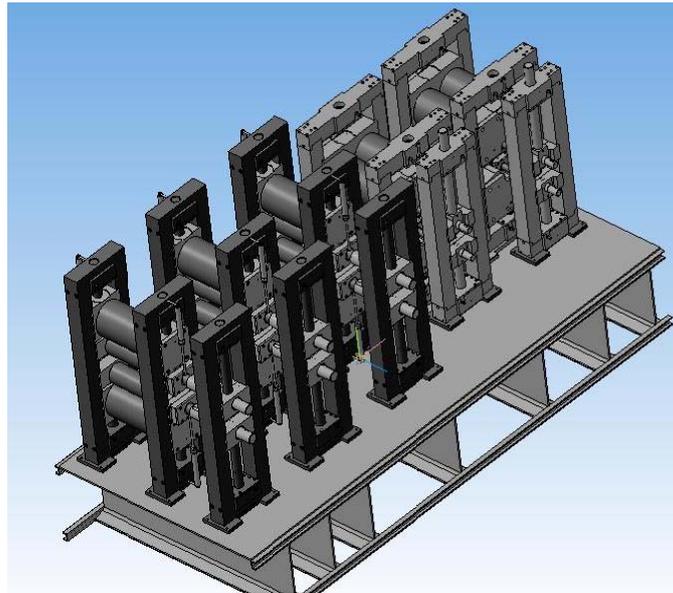
По нашему мнению, лучшим методом регулирования поперечной разнотолщинности и планшетности является создание стана с рациональной конструкцией и автоматическим управлением скоростью прокатки. В связи с этим нами для прокатки тонких полос с точными геометрическими размерами разработан новый многофункциональный пятиклетевой ПКС несложной конструкции [4].

Многофункциональный ПКС для прокатки листов из сталей и сплавов содержит: электродвигатели, редукторы, шестеренные клетки, универсальные шпиндели, муфты, клетки с рабочими и опорными валками (рисунок 1). При этом в первых трех клетях установлены два, а в последних двух клетях – четыре опорных валка. Вращение уменьшающихся в направлении прокатки рабочих валков осуществляется через подшипниковые клетки пятью мотор-редукторами с угловой скоростью $\omega = v \cdot R$ (где v – скорость прокатки в каждой клетке стана; R – радиус рабочих валков в каждой клетке стана). При этом расстояния между клетями увеличены на величину опережения, а регулировку расстояния между рабочими валками производят едиными червячными нажимными механизмами, расположенными сверху и снизу станин стана и подшипниковых клетей.

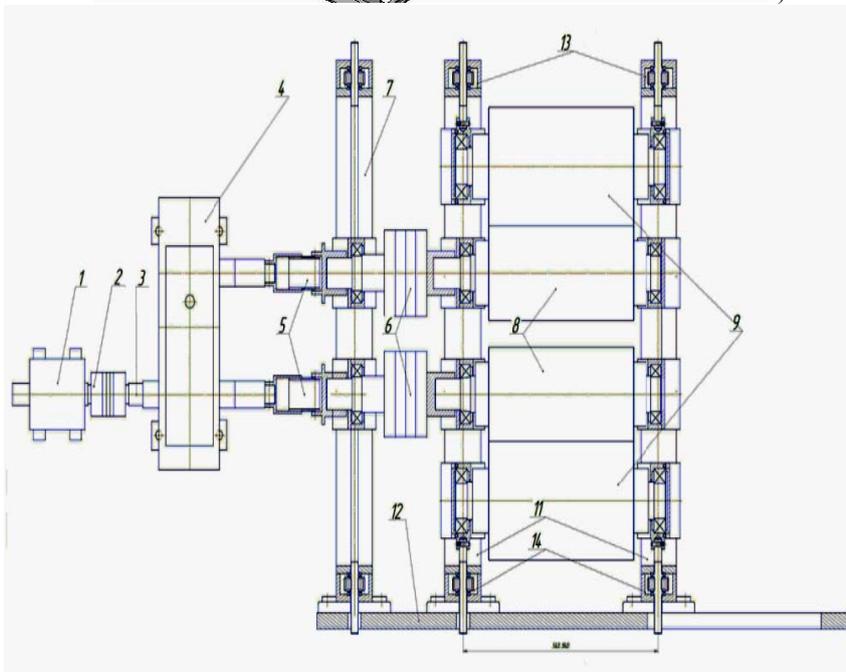
Следует отметить, что неприводные опорные горизонтальные валки клетей с рабочими валками образуют в первых двух клетях универсальные четырехвалковые, а в последних двух клетях – шестивалковые клетки. Шестивалковые клетки с четырьмя опорными и двумя рабочими валками позволяют отрегулировать и ликвидировать неточности всего процесса прокатки тонких полос.

Создаваемая для продольно-клинового стана система автоматического регулирования скорости прокатки полос должна по заданной скорости полосы на выходе из последней клетки, режимов обжатий в клетях и закона постоянства секундных объемов вычислить скорость полосы в каждой клетке, а после этого, учитывая опережения, найти и задать скорости вращения валков. Следовательно, основной функцией создаваемой системы автоматического регулирования скорости прокатки является настройка скоростного режима и межклетевого натяжения непрерывного стана.

Следует отметить, что энергосиловой основой технологического процесса прокатного производства является электропривод. Вместе с тем, электропривод является главным оборудованием автоматизации технологического процесса прокатки.



а)



б)

1- мотор-редуктор; 2 – муфта; 3 – вал; 4 - шестеренная клетка; 5 и 6 – шпиндели; 7 - подшипниковая клетка;
8 - рабочие валки; 9 (первых трех клетей) и 10 (последних двух клетей, не показаны) – опорные валки;

11 – станина; 12 - опорные плиты; 13 и 14 - нажимные механизмы

Рисунок 1 – Многофункциональный продольно-клиновой стан (а) и конструкция его рабочих клетей (б)

В настоящее время во многих приводах прокатных станов используют двигатели постоянного тока с питанием от тиристорного преобразователя частоты [5]. Замыкание обратной связи позволяет поддерживать необходимые скорости при переменной нагрузке. Использование данных двигателей позволяет получить листовой прокат требуемого качества. При этом применение регулируемых приводов с асинхронными двигателями приводит к уменьшению эксплуатационных затрат, увеличению перегрузочной способности и снижению требования к среде эксплуатации. Однако двигатели постоянного тока сложны в эксплуатации и обслуживании. Наличие коллектора приводит к затруднению их применения в неблагоприятных средах.

Следует отметить, что весьма распространенным видом электрических машин является асинхронный двигатель. Это связано с тем, что данный двигатель имеет простую конструкцию и большую надежность.

Стабилизация скорости вращения валков клетей, т.е. регулирование скорости двигателей приводов стана является одной из важных задач автоматизации станов с индивидуальным электроприводом прокатных валков. Для стабилизации скоростного режима прокатки полос возможно применить регулируемый асинхронный электропривод с частотным преобразователем.

В проектируемом продольно-клиновом стане применяются асинхронные двигатели. Специалистам известно, что такие электродвигатели просты в эксплуатации, обслуживании и ремонте. Главным недостатком таких двигателей является большой пусковой ток, невозможность плавного регулирования скорости вращения. В схеме управления скоростного режима прокатки проектируемого стана предусмотрена работа пяти двигателей с преобразователем частоты (ПЧ1, ПЧ2, ПЧ3, ПЧ4, ПЧ5), способным плавно регулировать частоту вращения двигателя. Следует отметить, что частотный преобразователь может создавать условия прокатки, при которой асинхронный двигатель приобретает регулировку частоты вращения с небольшими потерями КПД двигателя (несущественными для работы в целом).

Управление электроприводом клетей продольно-клинового стана включает в себя пуск электродвигателя в работу, выход на заданную скорость вращения, остановку электродвигателя (рисунок 2). Для заданного управления приводами применяются устройства согласования, а так же тахометры, датчики вибрации. Для защиты электродвигателей от перегрузок и перегревов применяются автоматические выключатели, предохранители и тепловые реле.

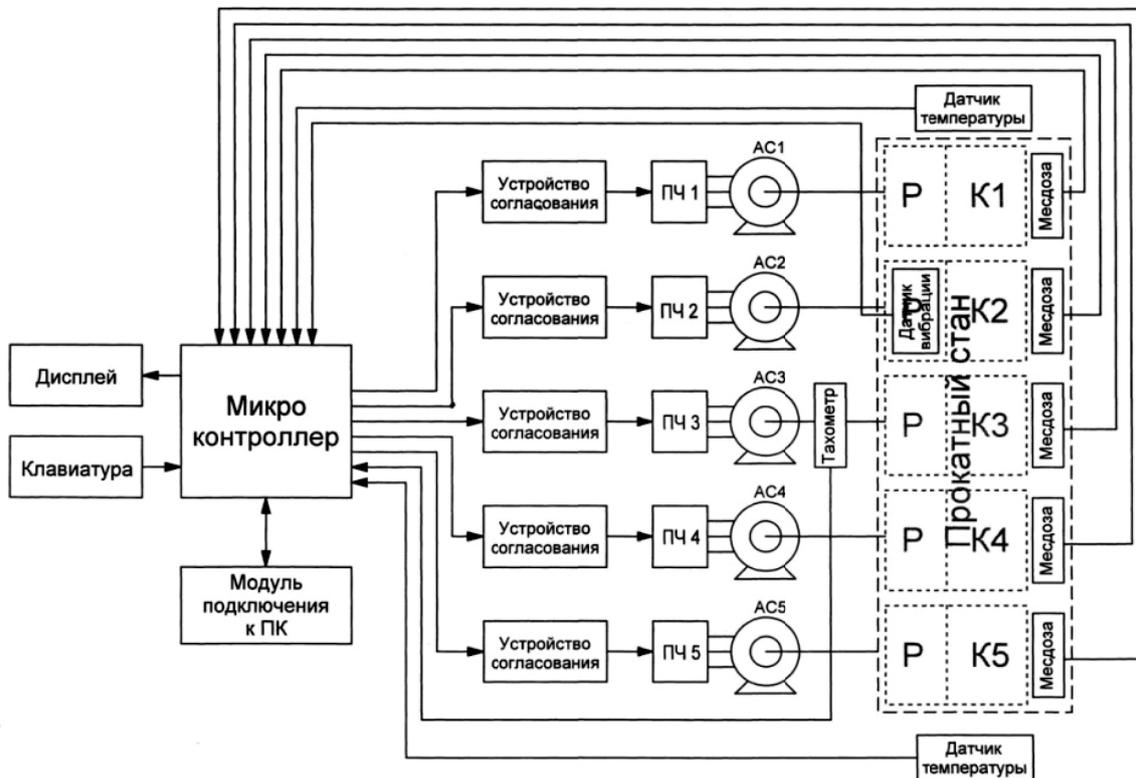
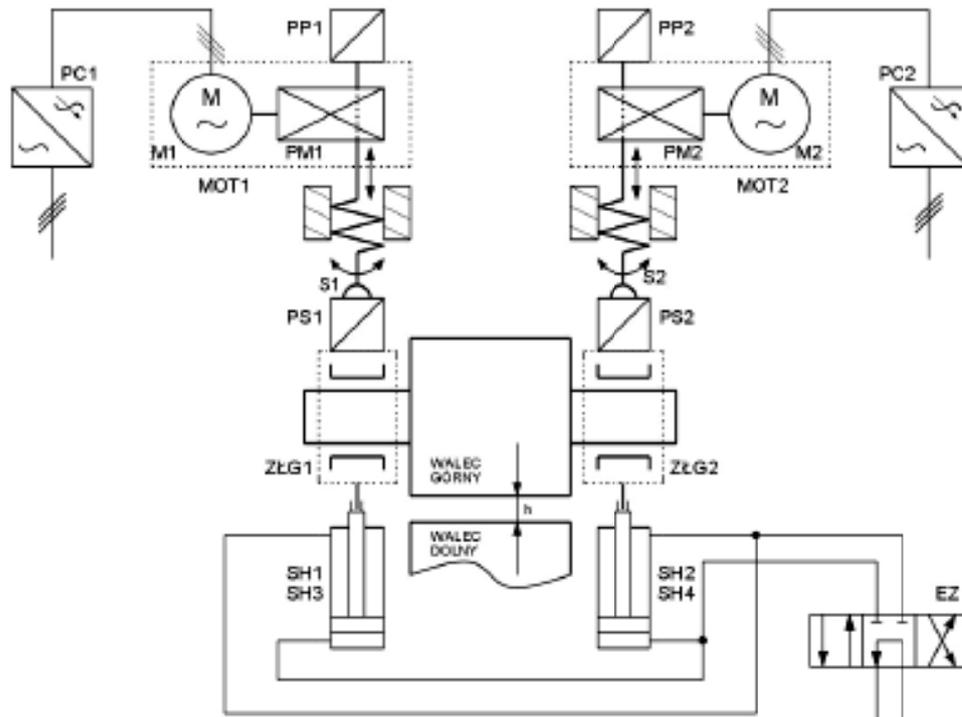


Рисунок 2 – Схема управления прокатным станом

Включение двигателей АС1-АС5 осуществляется за счет системы управления микроконтроллером, отображающим необходимую информацию с заданными и выходными параметрами на дисплее системы. Задав технологические режимы прокатки с помощью клавиатуры, производят пуск системы. Для корректировки необходимых параметров с помощью клавиатурных кнопок управления осуществляются необходимые изменения, которые, в свою очередь, передаются на систему микроконтроллера. От последнего через устройство согласования происходит корректировка вращения электродвигателями и системой нажимного механизма. Частота вращения регулируется за счет системы тахометров и заранее заложенных в микроконтроллер

условий, отвечающих за равномерность прохождения полосы прокатываемого материала без разрывов и прогибов основной полосы, в зависимости от температуры прокатываемого материала.

Усилия проката определяют месдозами (рисунок 3), а с помощью усилия прокатки рассчитывают давления, создаваемый в процессе проката на валках. Это позволяет скорректировать критические величины давления за счет регулирования положения нажимных механизмов проектируемого стана. Данные от месдоз, так же подаются на микроконтроллер, в котором заложены данные корректировки скоростного режима прокатки всего стана.



PC1, PC2 – преобразователи частоты; MOT1, MOT2 – мотор-редукторы; M1, M2 – приводные двигатели; FM1, FM2 – червячная передача; S1, S2 – винты; PP1, PP2 – преобразователи положения; PS1, PS2 – датчики силы (месдозы); ZLG1, ZLG2 – подушки; SH1 ... SH4 – гидравлические цилиндры; EZ – трехпозиционный электромагнитный клапан

Рисунок 3 – Схема измерения усилия прокатки

Система месдоз преобразует механический сигнал в электрический при помощи электронных считывающих устройств. Такие данные от каждой клетки поступают на микроконтроллер и выводятся на дисплей основного экрана.

Для удобства просмотра информации и возможности сохранения полученных данных в систему внедрен модуль подключения персонального компьютера (ПК). На ПК происходит дублирование информации основного дисплея стана с возможностью просмотра и сохранения данных по регулированию скоростного режима прокатки.

Основная корректировка стана производится на пульте управления станом (дисплей, клавиатура). Система управления может быть дополнена узлами контроля проката и системами отображения информации. Рассмотрим функциональные особенности преобразователей частот асинхронных приводов с векторным управлением.

Частотно-регулируемый электропривод пятиклетевого продольно-клинового стана листовой прокатки. Система электронный преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором становится главным на ближайшие годы техническим решением массового регулируемого электропривода [6-8]. Она особенно привлекательна на стадии модернизации, так как сохраняется все существующее оборудование, но между сетью и двигателем включается новый элемент – преобразователь частоты, – радикально меняющий технический и экономический облик системы.

Способом плавного регулирования при частотном управлении является изменение частоты приложенного к его обмоткам напряжения [6].

Схема любого преобразователя частоты состоит из силовой и управляющей частей [7]. Силовая часть преобразователей выполнена на транзисторах IGBT, работающих в режиме электронных ключей. Схема управления выполняется на цифровых микроконтроллерах и обеспечивает управление силовыми электронными ключами, а также решение большого количества вспомогательных задач (защита, контроль, диагностика). Современные частотные преобразователи имеют структуру с явно выраженным блоком постоянного тока (неуправляемый/управляемый выпрямитель + фильтр), что приведено на рисунке 4.

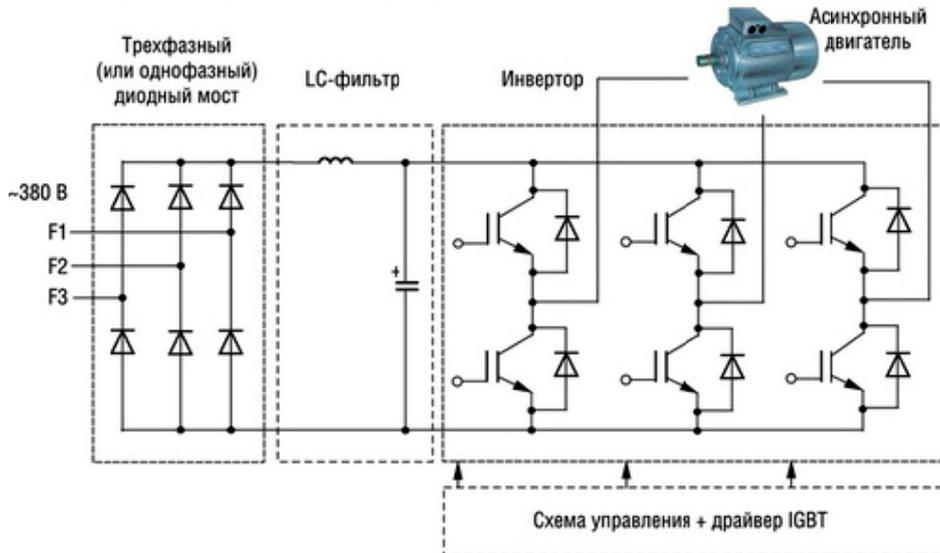


Рисунок 4 – Структура преобразователя частоты с непосредственным звеном постоянного тока [10]

Преобразователи частоты на транзисторах IGBT по сравнению с тиристорными при одинаковой выходной мощности отличаются меньшими габаритами, сниженной массой и повышенной надежностью в силу модульного исполнения электронных ключей и лучшего отвода тепла с поверхности силового модуля [8]. Они имеют более полную защиту от бросков тока и от перенапряжения, что существенно снижает вероятность повреждений и отказа электропривода.

Дифференциальные уравнения многодвигательного асинхронного электропривода с преобразователями частоты. На основе математического описания элементов однодвигательной системы «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» [9] составим математическое описание элементов схемы многодвигательного асинхронного электропривода с частотным управлением, которая состоит из выпрямителя напряжения, фильтра, инверторов, асинхронных двигателей.

Уравнения асинхронных двигателей запишем в следующем виде [9]:

$$\begin{aligned}
 u_{1nu} &= p\psi_{1nu} - \omega_{кн} \psi_{1nu} + R_{1n} i_{1nu}; \\
 u_{1nv} &= p\psi_{1nv} + \omega_{кн} \psi_{1nv} + R_{1n} i_{1nv}; \\
 p\psi_{2nu} &= (\omega_{кн} - \omega_{эн})\psi_{2nu} - R_{2n} i_{2nu}; \\
 p\psi_{2nv} &= -(\omega_{кн} - \omega_{эн})\psi_{2nv} - R_{2n} i_{2nv}; \\
 \psi_{1nu} &= \psi_{0nu} + L_{1n\sigma} i_{1nu}; \quad \psi_{1nv} = \psi_{0nv} + L_{1n\sigma} i_{1nv}; \\
 \psi_{0nu} &= L_{0n} i_{0nu}; \quad \psi_{0nv} = L_{0n} i_{0nv}; \quad i_{0nu} = i_{1nu} + i_{2nu}; \quad i_{0nv} = i_{1nv} + i_{2nv}; \\
 M_n &= \frac{3}{2} p_{nn} (\psi_{0nu} i_{1nv} - \psi_{0nv} i_{1nu}); \\
 p\omega_{эн} &= \frac{p_{nn}}{J_n} (M_n - M_{cn}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где n – количество двигателей; $u_{1nu}, u_{1nv}, i_{1nu}, i_{1nv}, \Psi_{1nu}, \Psi_{1nv}$ - соответственно, преобразованные напряжения, токи и полные потокосцепления обмоток статоров асинхронных двигателей; $i_{2nu}, i_{2nv}, \Psi_{2nu}, \Psi_{2nv}$ - преобразованные токи и полные потокосцепления обмоток роторов АД; $i_{0nu}, i_{0nv}, \Psi_{0nu}, \Psi_{0nv}$ - результирующие токи намагничивания и главные потокосцепления.

Уравнения автономных инверторов напряжения можно записать в виде [9]:

$$\begin{aligned} f_{nu} &= \frac{1}{2U_{0n}} u_{nu}^*; \\ f_{nv} &= \frac{1}{2U_{0n}} u_{nv}^*; \\ u_{nnu} &= u_{nu} f_{nu}; \\ u_{nnv} &= u_{nv} f_{nv}; \\ i_{nn} &= \frac{3}{2} (i_{1nu} f_{nu} + i_{1nv} f_{nv}), \end{aligned} \quad (2)$$

где u_{nu}^*, u_{nv}^* - преобразованные задающие воздействия; f_{nu}, f_{nv} - усредненные коммутационные функции; U_{0n} - амплитуды опорных сигналов; u_{nn} - напряжения источника питания инверторов; i_{nn} - усредненные токи питания инверторов; u_{nnu}, u_{nnv} - усредненные выходные напряжения инверторов; i_{1nu}, i_{1nv} - усредненные выходные токи инверторов.

Уравнения выпрямителей напряжения имеют вид [9]

$$\begin{aligned} u_{nu} &= u_{vnu}; \\ u_{nv} &= u_{vnv}; \\ f_{vnu} &= \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \cos(\theta_{ni} - \theta_{nk}); \\ f_{vnv} &= \frac{2\sqrt{3}}{\pi} \sin(\theta_{ni} - \theta_{nk}); \\ u_{vn} &= \frac{3}{2} (u_{vnu} f_{vnu} + u_{vnu} f_{vnu}); \\ i_{nu} &= i_{vn} f_{vnu}; \quad i_{nv} = i_{vn} f_{vnu}; \\ \omega_{nk} &= p\theta_{nk}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $u_{nu}, u_{nv}, i_{nu}, i_{nv}$ - преобразованные основные гармоники напряжений и токов сети; u_{vnu}, u_{vnu} - преобразованные основные гармоники напряжений на силовом входе выпрямителя; f_{vnu}, f_{vnu} - преобразованные основные гармоники коммутационных функций выпрямителя; θ_{ni} - угол поворота обобщенного вектора коммутационной функции выпрямителя, или результирующего вектора тока сети, относительно оси фазы напряжения сети; θ_{nk} - угол поворота системы координат; u_{vn}, i_{vn} - напряжение и ток на выходе выпрямителя.

Для фильтров звена постоянного тока можно записать уравнения вида [9]:

$$\begin{aligned}
 p i_{вн} &= \frac{u_{вн} - R_{нр.ф} i_{вн} - u_{ни}}{L_{нр.ф}}; \\
 p u_{ни} &= \frac{i_{сн}}{C_{б.фн}}; \\
 i_{сн} &= i_{вн} - i_{ни},
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

где $R_{нр.ф}$, $L_{нр.ф}$ - активное сопротивление и индуктивность сглаживающего реактора LC-фильтра; $C_{б.фн}$ - емкость конденсаторной батареи фильтра; $i_{сн}$ - ток конденсатора фильтра.

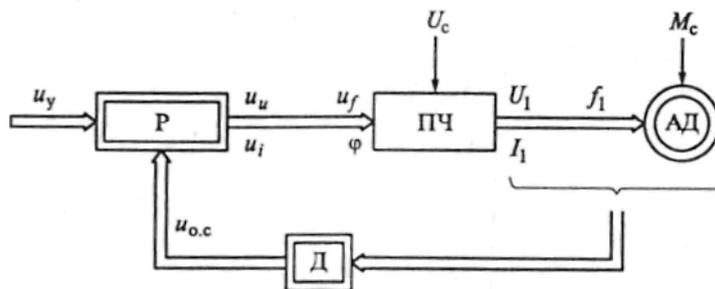
Математическое описание электропривода системы «преобразователь частоты-асинхронный двигатель». Формирование требуемых статических и динамических свойств асинхронного частотно-регулируемого электропривода возможно лишь в замкнутой системе регулирования его координат, функциональная схема которого представлена на рисунке 5 [10].

Для увеличения диапазона регулирования по скорости в данную систему регулирования вводится отрицательная обратная связь по скорости [10]. Поэтому в математическом описании переходных процессов электропривода учитывается эта обратная связь. Структурная схема системы ПЧ-АД с отрицательной обратной связью по скорости показана на рисунке 6 [10].

Отметим, что структурная схема, в соответствии с рисунком 6, является линеаризованной системой электропривода [10].

На схеме (рисунок 6) приняты следующие обозначения [10]:

β – модуль жесткости линеаризованной механической характеристики АД; $T_э$ – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД; $k_{ПЧ}$ – передаточный коэффициент функции ПЧ; $T_{ПЧ}$ – постоянная времени цепи управления ПЧ; T_m – электромеханическая постоянная времени.



P – регулятор; $Д$ – датчик переменных электропривода; ПЧ – преобразователь частоты

Рисунок 5 – Функциональная схема замкнутой системы ПЧ-АД [10].

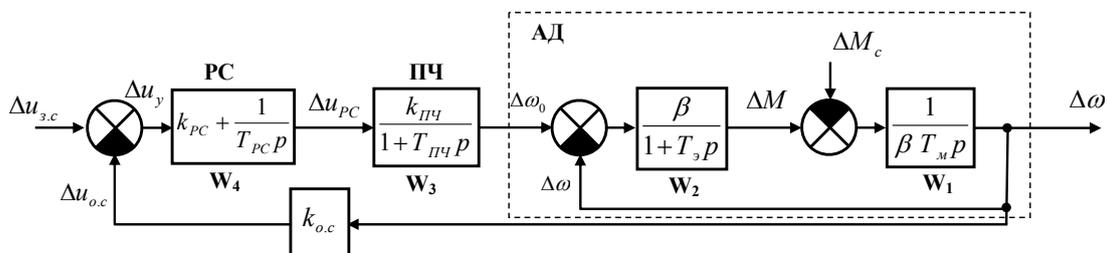


Рисунок 6 – Структурная схема системы ПЧ-АД с обратной связью по скорости [10]

Уравнение движения, согласно передаточной функции W_1 структурной схемы, можно записать в следующем виде [10]:

$$\frac{\Delta\omega}{\Delta M - \Delta M_c} = \frac{1}{\beta T_m p}. \quad (5)$$

или

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{1}{\beta T_m} (\Delta M - \Delta M_c). \quad (6)$$

Согласно передаточной функции W_2 будем иметь следующее соотношение [10]:

$$\frac{\Delta M}{\Delta\omega_0 - \Delta\omega} = \frac{\beta}{1 + T_3 p}, \quad (7)$$

которое можно написать в виде дифференциального уравнения [10]:

$$T_3 \frac{d\Delta M}{dt} + \Delta M = \beta (\Delta\omega_0 - \Delta\omega). \quad (8)$$

Уравнение ПЧ, исходя из передаточной функции W_3 , запишем [10]:

$$T_{ПЧ} \frac{d\Delta\omega_0}{dt} + \Delta\omega_0 = k_{ПЧ} \Delta U_{PC}, \quad (9)$$

а РС, передаточной функцией которой является W_4 , представим уравнением [10]:

$$\Delta U_{PC} = k_{PC} (\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) + \int_0^t (\Delta U_{3.c} - \Delta U_{o.c}) dt \quad (10)$$

или

$$T_{PC} \frac{d\Delta U_{PC}}{dt} = k_{PC} T_{PC} \frac{d\Delta U_y}{dt} + \Delta U_y. \quad (11)$$

Приращение ΔU_y запишем в следующем виде [10]:

$$\Delta U_y = \Delta U_{3.c} - k_{o.c} \Delta\omega, \quad (12)$$

где $\Delta U_{3.c}$ - приращение задающего сигнала; $k_{o.c}$ - коэффициент обратной связи по скорости.

Векторное управление асинхронным электроприводом. Двумя основными способами осуществляется частотное управление асинхронными электродвигателями [11,12]:

1. По функциональной характеристике, связывающей напряжение и частоту статора электродвигателя (U/f -характеристике). Применяется для электроприводов, в которых отсутствуют особые требования к динамике;

2. Векторным. Используется для электроприводов со средней и высокой динамиками.

Каждый из них адаптирован к частным случаям с помощью функциональных модулей, влияющих на статические и динамические характеристики электроприводов. В таблице 1 показана производительность регулятора скорости в трех возможных конфигурациях.

Для проектируемого продольно-клинового станалистовой прокатки, с учетом конструкции, выбирается векторное управление, т.к. данный способ является доминирующим управлением в приводах переменного тока, где математическое описание электромагнитных и электромеханических процессов в приводах выполняется во вращающейся системе координат, ориентированной по вектору потока сцепления ротора электродвигателя. Современные преобразователи частоты учитывают векторные алгоритмы управления [12]. В таких преобразователях частоты, как правило, отсутствует доступ к структуре контуров регулирования и к настройке параметров регуляторов электромагнитных переменных, т.к. настройки выполняются автоматически по данным двигателей, вводимым в программу автоматической настройки [12]: $P_{ном}$ – номинальная мощность на валу; $n_{ном}$ – номинальная частота вращения; $U_{1номY}/U_{1ном\Delta}$ – номинальные напряжения при соединении обмоток в схему «звезда» и схему «треугольник»; $I_{1номY}/I_{1ном\Delta}$ – соответствующие номинальные токи; $f_{1ном}$ – номинальная частота сети; $p_{п}$ – число пар полюсов; $\eta_{ном}$ – номинальный КПД; $\cos\phi_{ном}$ – номинальный коэффициент мощности; k_I – кратность пускового тока, $k_I = I_{пуск}/I_{ном}$; k_M – кратность пускового момента, $k_M = M_{пуск}/M_{ном}$; λ – кратность критического момента, $\lambda = M_K/M_{ном}$; $J_{дв}$ – момент инерции двигателя; k_m – кратность минимального момента, $k_m = M_{min}/M_{ном}$.

Таблица 1 – Сравнительная таблица производительности регулятора скорости в трех возможных конфигурациях [11]

Показатели	Скалярное управления	Векторное управление	
		без датчика скорости	с датчиком скорости
Диапазон регулирования	1 – 10	1 – 100	1 - 1000
Частота пропускания	5 – 10 Гц	10 – 15 Гц	30 – 50 Гц
Точность скорости	1%	1%	0,01%

Функциональная схема векторного управления, реализованного в системе управления асинхронным электродвигателем, показана на рисунке 7 [13].

В данной системе предусмотрена возможность управления многодвигательными электроприводами, взаимосвязанными механически по нагрузке [12]. Достигается это управлением составляющими I_w и I_μ вектора тока статора, первая из которых пропорциональна моменту двигателя, а вторая – потокоцеплению. Значения I_w и I_μ оценивают по динамической модели двигателя, составленной путем представления мгновенных значений переменных в виде результирующих векторов и перехода к вращающимся системам координат. В системе предусмотрена возможность ограничения момента двигателя в соответствии с заданным значением и управления интенсивностью изменения момента.

Согласованное вращение приводов рабочих валков продольно-клинового стана листовой прокатки. В проектируемом продольно-клиновом прокатном стане необходимо осуществить согласованное вращение электродвигателей [14]. На рисунке 8 показаны пять электроприводов прокатного стана. Преобразователи частоты ПЧ1-ПЧ2 асинхронных двигателей АД1-АД5 включают в себя необходимый набор силовых модулей и модулей управления. Общая скорость электроприводов задается сигналом $v_{3.0}$, поступающим на входы преобразователей частоты через устройства задания соотношений скоростей (ЗСС) k_{cc} . Устройство ЗСС включается так, чтобы обеспечить управление каждым электроприводом.

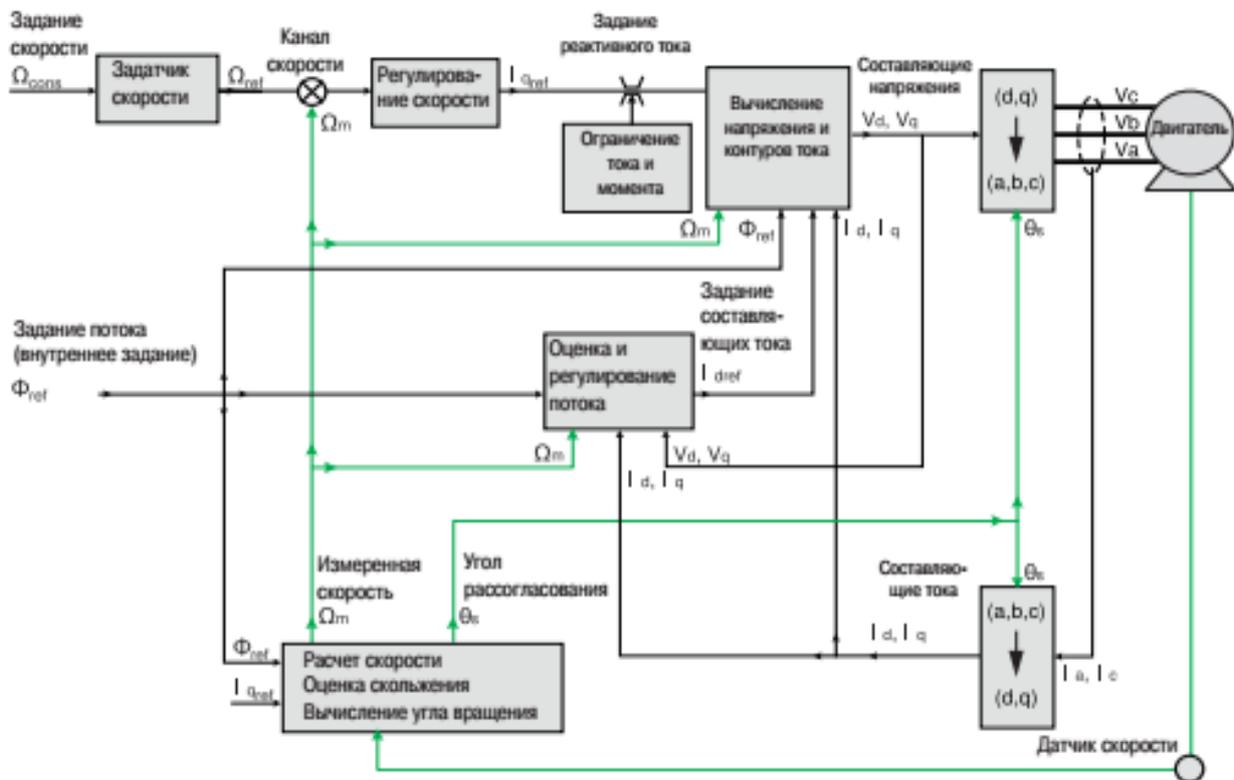


Рисунок 7 – Функциональная схема системы векторного управления скорости частотно-регулируемого асинхронного двигателя [13]

Реализация системы согласованного вращения электродвигателей электропривода продольно-клинового стана выполняется с помощью специальных модулей программируемых логических контроллеров. Первый привод стана является ведущим, остальные четыре привода являются ведомыми. Устройство задания скорости ЗС входит в состав модуля контроллера первого привода. При управлении всеми электроприводами от технологического контроллера возможна реализация последовательного и параллельного управления средствами этого контроллера.

Соотношения скоростей локальных электроприводов в общем виде определяются равенством [12]

$$\frac{\omega_{i+1}}{\omega_i} = \frac{v_{3i+1}}{v_{3i}} = k_{c.ci+1}, \quad (13)$$

где $k_{c.ci}$ – коэффициент устройства задания соотношения скоростей, принимающий в проектируемом стане $k > 1$, т.к. толщина прокатываемой полосы уменьшается, следовательно, скорость последующих электроприводов больше предыдущих.

Требуемое значение $k_{c.ci}$ устанавливается в зависимости от задания толщины обрабатываемой полосы [12].

$$v_{32} = k_{c.c2}v_{30}; v_{33} = k_{c.c3}v_{32} = k_{c.c3}k_{c.c2}v_{30}. \quad (14)$$

В пятидвигательном электроприводе прокатного стана применены индивидуальные управляемые преобразователи (УП).

Рабочие валки каждой клетки прокатного стана имеют привод от отдельного электродвигателя. Основными преимуществами индивидуального привода валков являются [2]: увеличение предельной мощности, которая может быть приложена к каждому валку; уменьшение суммарного момента инерции, приходящегося на единицу мощности привода. Уменьшение момента инерции, в свою очередь, дает следующие преимущества [2]: уменьшается продолжительность прокатки вследствие увеличения допустимых ускорений и замедлений; сокращается расход энергии на прокатку и на нагревание электрических машин; менее опасными становятся срывы при захвате металла. Скорость захвата из-за изменения условий захвата может быть увеличена, что приводит к возрастанию средней скорости прокатки и, следовательно, к росту производительности стана.

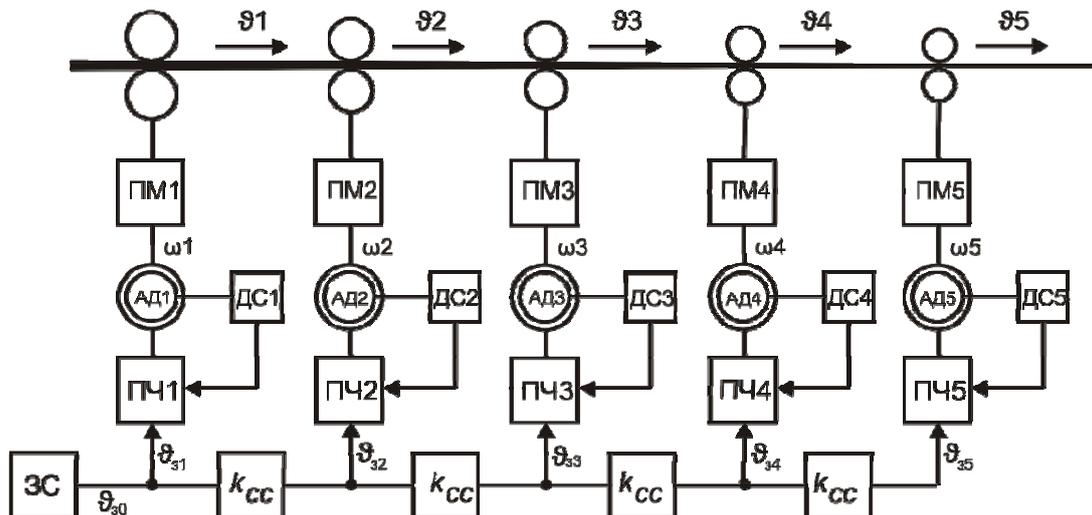


Рисунок 8 – Функциональная схема системы согласованного вращения электродвигателей электропривода прокатного стана

Электропривод проектируемого прокатного стана выполняется нереверсивным с однозонным регулированием скорости, т.к. прокатка металлической полосы происходит в одном направлении. Локальные системы управления каждым электродвигателем клеток продольно-клинового стана выполняются по типовым схемам. Взаимосвязь локальных систем электроприводов рабочих валков осуществляется по цепи нагрузки через общее обрабатываемое полотно и по цепи

управления для задания общей скорости электроприводов и согласования скоростей электроприводов отдельных клетей.

Реализация многодвигательного электропривода с частотным управлением стана листовой прокатки. В связи с требованиями точности получаемых полос по толщине, планшетенности другим параметрам в проектируемом прокатном стане будет осуществляться управление начальной настройкой стана и адаптивное управление рабочими режимами стана с помощью преобразователей частоты и персонального компьютера. На рисунке 9 представлена схема подключения преобразователя частоты Altivar 71 [15,16].

Исходя из размеров исходной полосы, являющейся заготовкой для горячей или холодной прокатки, вычисляются режимы работы прокатного стана, обеспечивающие получение окончательных размеров и формы.

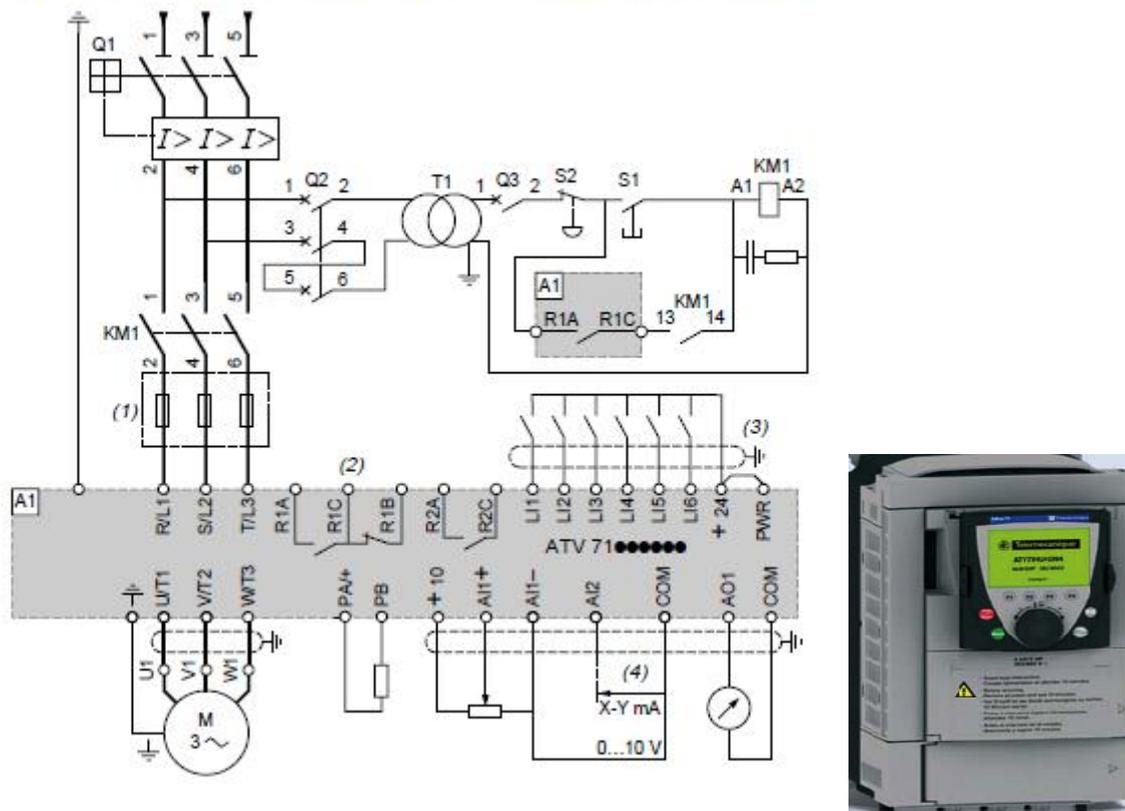


Рисунок 9 – Схема подключения преобразователя частоты Altivar 71 [15,16]

Проектируемый стан листовой прокатки имеет пять клетей К1-К5, в которых одновременно происходит прокатка металла. Металл движется в одном направлении, и в каждой рабочей клетке производится последовательное его обжатие. Все клетки оснащены асинхронными электроприводами, осуществляющими регулирование скорости, поддержание межклетевых натяжений и толщины металла в заданных пределах. В каждой клетке имеются рабочие и опорные валки. К рабочим валкам через передаточный механизм (ПМ) присоединен асинхронный двигатель.

Нормальный режим прокатки металлической полосы до заданной толщины прокатываемой полосы возможен при стабилизации соотношений скоростей валков всех клетей прокатного стана и одновременном регулировании скоростей электроприводов преобразователями частоты. Это необходимо, чтобы получить необходимые заправочные и рабочие скорости. Требования к соотношению скоростей устанавливают из условия равенства постоянства секундных объемов металла, проходящего в единицу времени, а заданные растворивалков – из условий технологии прокатки металла. Заданные значения толщины обеспечиваются системами регулирования.

Предполагается, что в комплекс управления будут входить станция оператора с персональным компьютером, технологический контроллер, сетевые средства, средства управления электроприводами, входящие в состав блоков управления (БУ). С распределенной системой управления технологическим процессом (РСУТП) связь комплекса управления осуществляется через межсетевой преобразователь (МП) (рисунок 10).

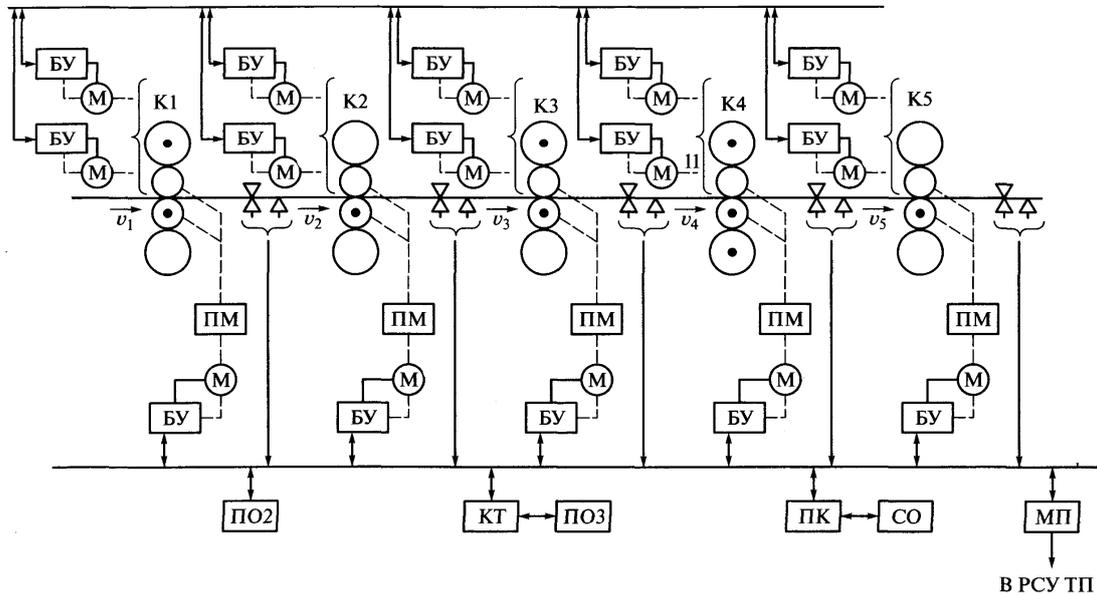


Рисунок 10 – Интегрированная система многодвигательного электропривода стана листовой прокатки

На рисунке 11 представлена структура управления многодвигательным асинхронным электроприводом [17], выполненная для стана горячей и холодной прокатки тонких полос.

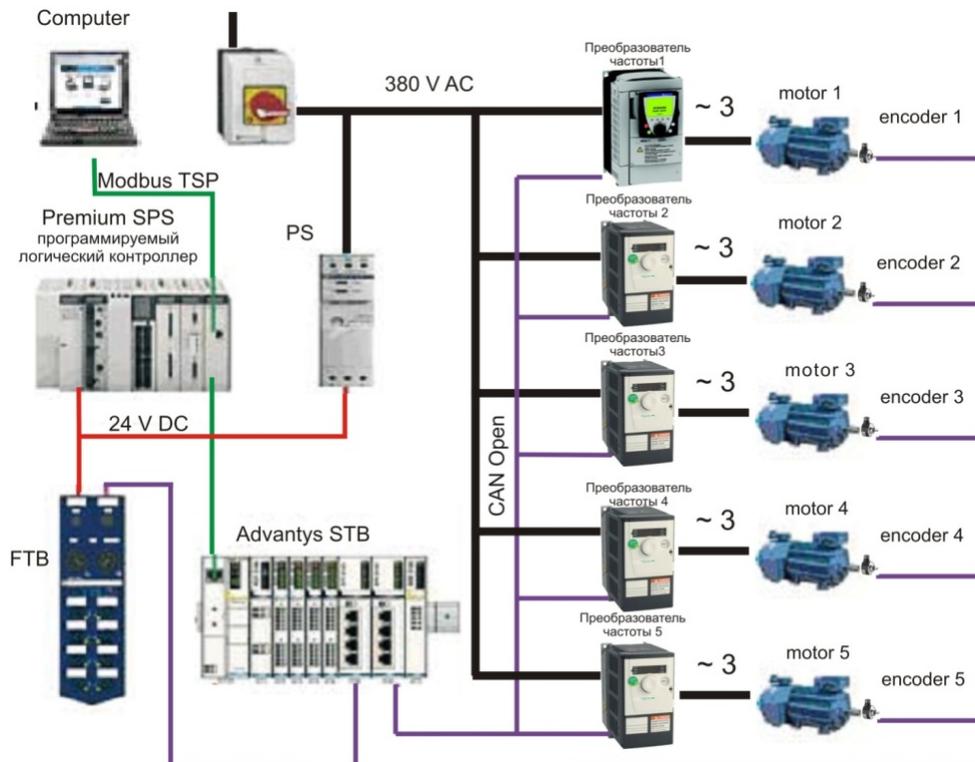


Рисунок 11 – Структура управления многодвигательным асинхронным электроприводом стана листовой прокатки [17]

TSX Premium – один из программируемых логических контроллеров компании Schneider Electric, занимающий среднее звено по сложности программируемых задач [17]. TSX Premium позволяет решить сложные задачи: ввод, обработку и формирование дискретных и аналоговых сигналов, PID5 регулирование, позиционирование, быстрый счет, организацию диалога с оператором, сокращение времени реакции устройства управления на внешние воздействия и т.д. Контроллер состоит из определенного количества модулей, в зависимости от степени управления, которые крепятся на одном шасси. TSX Premium может управлять до 16 шасси при общей длине каналов связи до 450 метров.

Высокоскоростной процессор и мощная операционная система позволят TSX Premium наилучшим образом соответствовать требованиям, связанным с временем реакции и сложностью электроприводов стана листовой прокатки [17].

Сигналы с датчиков скорости – энкодеров об угловых положениях роторов через каналы связей передаются в AdvantysSTB, FTB – система распределенных вводов/выводов для подключения к датчикам скорости и актуаторам от программируемого логического контроллера с установленными кабелями [17].

Благодаря широкой гамме модулей ввода-вывода и интегрированной технологии X5BUS контроллер PREMIUM может применяться для решения задач автоматизации процесса прокатки тонких полос с минимальными затратами [17]. Использование модулей ввода/вывода высокой плотности (32 или 64 канала) с соединителями типа Telefast 2 или терминальных блоков с предварительными соединениями снижает затраты и повышает качество соединений. Сочетание быстрых входов с программируемым временем фильтрации, задач обработки событий, короткого времени выполнения прикладной программы и выходов со схемами быстрой разрядки значительно уменьшает время реакции.

В настройках ПЛК можно автоматически задать толщины прокатываемой полосы с помощью командоаппарата, установленного на стане, а также возможно ручное задание толщины полосы с помощью многопозиционного переключателя [15]. Программируемые логические контроллеры представлены несколькими сериями, в том числе в виде карты расширения, устанавливаемой внутрь преобразователей частоты серии Altivar71, что также упрощает монтаж.

Таким образом, использование программируемых логических контроллеров PremiumTSX для контроля и управления частотными преобразователями в многодвигательных электроприводах стана листовой прокатки обеспечит адаптивнуюнастройку регулированиявыходного напряжения преобразователяпо критерию оптимизации потребления электроэнергиидо 30÷50%, повышению коэффициента мощности до 0,9÷1,0, тем самым, обеспечить согласованное вращение электроприводов рабочих валков.

Выводы

Автоматизированный электропривод многофункционального продольно-клинового стана, непосредственно участвующий в технологических процессах прокатки тонких полос, является оборудованием, от технического уровня которого, надёжности, простоты в эксплуатации зависит качество прокатываемых тонких полос.

В работе предложена надёжная, простая в эксплуатации автоматизированная система управления приводами многофункционального продольно-клинового стана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мазур В.Л. Состояние и перспективы развития теории и технологии тонколистовой прокатки // Обработка материалов давлением. 2012. №4 (33). С. 136 – 141.
- [2] Технологические основы автоматизации листовых станов / Ю.В. Коновалов, А.П. Воропаев, Е.А. Руденко, Ю.А. Еремин, А.А. Мещерякова – К.: Техника, 1981. – 128 с.
- [3] Бройдо Б.С. Синтез систем автоматического управления непрерывными станами холодной прокатки. -М.: Металлургия, 1978. - 160с.
- [4] Патент 20969. Непрерывный стан для прокатки полос из сталей и сплавов/ С.А. Машеков, Е.З. Нугман, А.С. Машекова, и др. //Опубл. 16.03.2009, Бюл. №3.
- [5] Осипов О.И., Усынин Ю.С. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 160 с.

- [6] Ильинский Н.Ф., Москаленко В.В. Электропривод. Энерго- и ресурсосбережение. - М.: Академия, 2008. – 208 с.
- [7] Белов М.П., Зементов О.И., Козярук А.Е. и др. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации. – М.: Академия, 2006. – 368с.
- [8] Экономия электроэнергии при использовании преобразователей частоты в многодвигательном асинхронном электроприводе / Бекбаев А.Б., Акпанбетов Д.Б., Хидолда Е., Касымбекова А. // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2013. №36. – С.380-381.
- [9] Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004. – 256с.
- [10] Терехов В.Н., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Академия, 2006.-300с.
- [11] Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Академия, 2006. – 260с.
- [12] Новиков В.А., Савва С.В., Татаринцев Н.И. Электропривод в современных технологиях. –М.: Академия, 2014. – 400с.
- [13] Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. - Иваново: ИГЭУ, 2008. – 298с.
- [14] Белов М.П., Новиков А.Д., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. - М.: Академия, 2007. - 576 с.
- [15] www.schneider-electric.ru. Преобразователи частотыAltivar 71. Каталог.
- [16] www.schneider-electric.ru. Руководство по решениям в автоматизации. Практические аспекты систем управления технологическими процессами Каталог.
- [17] Многодвигательный асинхронный электропривод с микропроцессорным управлением / Акпанбетов Д.Б., Байбутанов Б.К., Сарыев Э. // Труды Междунар. науч. конф. «Высокие технологии – залог устойчивого развития». – Алматы, 2011. - С. 337-339.

REFERENCES

- [1] Mazur V.L. Sostojanie i perspektivy razvitiya teorii i tehnologii tonkolistovoj prokatki // Obrabotka materialov davleniem. **2012**. №4 (33). S. 136 – 141.
- [2] Tehnologicheskie osnovy avtomatizacii listovyh stanov / Ju.V. Konovalov, A.P. Voropaev, E.A. Rudenko, Ju.A. Eremin, A.A. Meshherjakova – K.: Tehnika, **1981**. – 128 s.
- [3] Brojdo B.S. Sintez sistem avtomaticheskogo upravlenija nepreryvnymi stanami holodnoj prokatki. -M.: Metallurgija, **1978**. - 160s.
- [4] Patent 20969. Nepreryvnyj stan dlja prokatki polos iz stalej i splavov/ S.A. Mashekov, E.Z. Nugman, A.S. Masheкова, i dr. //Opubl. 16.03.**2009**, Bjul. №3.
- [5] Osipov O.I., Usynin Ju.S. Tehnicheskaja diagnostika avtomatizirovannyh jelektroprivodov. – М.: Jenergoatomizdat, **1991**. – 160 s.
- [6] Il'inskij N.F., Moskalenko V.V. Jelektroprivod. Jenergo- i resursosberezhenie. – М.: Akademija, **2008**. – 208 s.
- [7] Belov M.P., Zementov O.I., Kozjaruk A.E. i dr. Inzhiniring jelektroprivodov i sistem avtomatizacii. – М.: Akademija, **2006**. – 368s.
- [8] Jekonomija jelektrojenergii pri ispol'zovanii preobrazovatelej chastoty v mnogodvigatel'nom asinhronnom jelektroprivode / Bekbaev A.B., Akpanbetov D.B., Hidolda E., Kasymbekova A. // Vestnik nacional'nogo tehničeskogo universiteta «НПИ». – **2013**. №36. – S.380-381.
- [9] Braslavskij I.Ja., Ishmatov Z.Sh., Poljakov V.N. Jenergosberegajushhij asinhronnyj jelektroprivod. – М.: Akademija, **2004**. – 256s.
- [10] Terehov V.N., Osipov O.I. Sistemy upravlenija jelektroprivodov. – М.: Akademija, **2006**.-300s.
- [11] Sokolovskij G.G. Jelektroprivody peremennogo toka s chastotnym regulirovaniem. – М.: Akademija, **2006**. – 260s.
- [12] Novikov V.A., Savva S.V., Tatarincev N.I. Jelektroprivod v sovremennyh tehnologijah. –М.: Akademija, **2014**. – 400s.
- [13] Vinogradov A.B. Vektornoe upravlenie jelektroprivodami peremennogo toka. - Ivanovo: IGJeU, **2008**. – 298s.
- [14] Belov M.P., Novikov A.D., Rassudov L.N. Avtomatizirovannyj jelektroprivod tipovyh proizvodstvennyh mehanizmov i tehnologicheskikh kompleksov. - М.: Akademija, **2007**. - 576 s.
- [15] www.schneider-electric.ru. Preobrazovateli chastotyAltivar 71. Katalog.
- [16] www.schneider-electric.ru. Rukovodstvo po reshenijam v avtomatizacii. Prakticheskie aspekty sistem upravlenija tehnologicheskimi processami Katalog.
- [17] Mnogodvigatel'nyj asinhronnyj jelektroprivod s mikroprocessornym upravleniem / Akpanbetov D.B., Bajbutanov B.K., Saryev Je. // Trudy Mezhdunar. науч. конф. «Vysokie tehnologii – zalog ustojchivogo razvitiya». – Almaty, **2011**. - S. 337-339.

**С.А.Машеков¹, Д.Б. Акпанбетов¹, Б.Н.Абсадыков²,
Е.З. Нугман¹, М.Л. Рахматулин¹, А.И. Полещук¹, А.С.Машекова¹**

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан;

²А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы қ., Қазақстан

**КӨП ҚЫЗМЕТТІ БОЙЛЫҚ-СЫНАЛЫ ОРНАҚТА ЖОЛАҚТЫ БЫСТЫҚТАЙ
ЖӘНЕ СУЫҚТАЙ ІЛЕМДЕУДІҢ ЖЫЛДАМДЫҒЫН АВТОМАТТЫ РЕТТЕЙТІН ЖҮЙЕ**

Аннотация. Жұмыста жұқа жолақтарды илемдеуге арналған көпқызметті үздіксіз бойлық-сыналы орнақ ұсынылған. Бойлық-сыналы орнақ үшін автоматтандырылған жүйе жасалған. Бұл жүйе илемдеу жылдамдығын реттеуге мүмкіндік береді. Жолақ илемдеудің жылдамдығын автоматты реттеу, соңғы қапастан шығатын жолақтың берілген жылдамдығы, қапастарда металды жаншу режимдері және секундық көлемнің тұрақтылығы заңы бойынша іске асырылады. Осындай жағдайда әрбір қапастан өтетін жолақтың жылдамдығы есептеліп, озу ескеріліп пішінбіліктердің айналу жылдамдығы беріледі. Жұқа жолақтарды илемдеуге тікелей қатысатын көпқызметті үздіксіз бойлық-сыналы орнақтың автоматтандырылған электржетегі, жоғары сапалы жұқа жолақтарды жасауға мүмкіндік беретін сенімді, пайдалануға қарапайым жабдық екені жұмыста дәлелденген.

Түйін сөздер: көпқызметті үздіксіз бойлық-сыналы орнақ, илемдеу, жұқа жолақ, автоматтандырылған электржетек, асинхрондық қозғалтқыш, жиілік өзгергіш.

Сведения об авторах:

*МашековСерик Акимович** – доктор технических наук, профессор.

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства» (СМиТМП).

Домашний адрес: 040925. г. Алматы, микрорайон Теректи, ул. Абая 3.

Рабочий телефон: (8-727) 292 – 11 – 56, Домашний телефон: (8-727) 388 – 41 – 07, Мобильный телефон: 8-702-100-17-00.

Электр.почта: mashekov.1957@mail.ru

Абадыков Бахыт Нарикбаевич - доктор технических наук, профессор.

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра СМиТМП.

Рабочий телефон: (8-727) 292 – 71 – 68.

Домашний адрес: 050028. г. Алматы. микрорайонКокжиек 18, кв.32, Мобильный телефон: 8-777-225-56-84.

Электр.почта: b_absadykov@mail.ru

Машеков Айгерим Сериковна – докторант .

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра СМиТМП.

Рабочий телефон: (8-727) 292 – 11 – 56.

Домашний адрес: 040925. г. Алматы., микрорайон Теректи, ул. Абая 3.

Домашний телефон: (8-727) 388 – 41 – 07, Мобильный телефон: 8-701-111-13-57.

Электр.почта: mashekovaaigerim@mail.ru

Нугман Ерик Зеинелович - кандидат технических наук, заместитель директора Института промышленной инженерии.

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра СМиТМП.

Домашний адрес: 050028. г. Алматы. микрорайонКокжиек 50, кв.35.

Рабочий телефон: (8-727) 257 – 71 – 68, Мобильный телефон: +7-707-190-05-81.

Электр.почта: nugman79@mail.ru.

Акпанбетов Дархан Берикович - к.т.н., ассоц. профессор кафедры «Электроэнергетика и автоматизация технологических комплексов»

Рабочий телефон: (8-727) 292 – 11 – 56.

Мобильный телефон: 8-701-943-60-35

Домашний адрес: г.Алматы, мик.р. Алгабас 1. Дом 45. Кв. 5.

Рахматулин Максим Ленарович – докторант.

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра СМиТМП.

Рабочий телефон: (8-727) 257 – 71 – 68, Домашний адрес: 050028. г. Алматы, ул. Байтурсынова, д. 147 Б, 5 ком.

Мобильный телефон: +7-747-829-46-04, Электр.почта: maksimka_-86@mail.ru.

Полещук Андрей Игоревич – докторант.

Почтовый адрес: 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22. Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра СМиТМП.

Домашний адрес: 050028. г. Алматы, ул. Байтурсынова, д. 147 Б, 5 ком.

Рабочий телефон: (8-727) 257 – 71 – 68, Мобильный телефон: +7-771-135-02-93, Электр.почта: dron_2483@mail.ru.

* Автор, с которым нужно вести переписку.

МАЗМҰНЫ

Техникалық ғылымдар	
Полецук О. Х., Яркова А. Г., Адырбекова Г. М., Ермаханов М. Н. Тығыздықтың функционал теориясының негізінде дихлорнафтахинондардың аминдеу реакциясының механизмін зерттеу.....	5
Физика	
Омар Ж. О., Такибаев Н. Ж., Құрманғалиева В. О. Резерфорд шашырауын есептеу және талдау.....	14
Информатика	
Ахметов Б. Б., Корченко А. Г., Терейковский И. А., Алибиева Ж. М., Батиев И. М. Ақпараттық жүйенің желілік ресурстарына жасалатын кибершабуылдарды таныпбілудің нейрожелілік құралдарының тиімділігін бағалау параметрлері.....	19
Химия	
Фазылов С. Д., Нуркенов О. А., Ибраев М. К., Жұмакаева Б. Д., Жақыпова А. Н., Нұхұлы А., Жұринов М. Ж. 5-меркапто-3-фенил-1,3,4-тиадиазол-2-тионның жаңа туындылары. Синтезі және құрылымы.....	39
Биология	
Утеулин К. Р., Байтулин И. О. Көк сағыздың деградацияланған популяцияларын жаңғарту қажеттілігі.....	56
* * *	
Техникалық ғылымдар	
Машеков С. А., Ақпанбетов Д. Б., Абсадықов Б. Н., Нугман Е. З., Рахматулин М. Л., Полецук А. И., Машекова А. С. Көп қызметті бойлық-сыналы орнақта жолақты ыстықтай және суықтай илемдеудің жылдамдығын автоматты реттейтін жүйе.....	62
Машеков С. А., Абсадықов Б. Н., Акимбекова М. М., Тусупкалиева Э. А., Мауленова М. Р. Бұрандалы пішінбілік пен бойлық-сыналы орнақта табақты-металды серпімді пластикалық деформациялаудың шеткі-элементтік моделі.....	78
Айтчанов Б. Х., Тергеусизова А. С. Автоматтыңдырылған басқару объектісі ретінде оптикалық өзекшелерді созудың технологиялық процесі.....	91
Волокитин А. В., Қурапов Г. Г., Волокитина И. Е., Панин Е. А. Баспалау-созу аралас процесінің модельдеу.....	96
Леднев С. Н., Қурапов Г. Г., Волокитин А. В., Волокитина И. Е., Удербаяева А. Е. «Баспалау-созу» бірлескен процесінде икроқұрылымы эволюциясы.....	103
Астрофизика	
Шыныбаев М. Д., Даирбеков С. С., Жолдасов С. А., Мырзақасова Г. Е., Алиасқаров Д. Р., Сәдібек А. Ж. Хиллдың екінші есебіндегі делоненің оскуляциялық элементтері.....	110
Химия	
Баешов А. Б., Кадирбаева А. С., Баешова А. Қ., Жұрынов М. Ж. Айнымалы тоқпен поляризацияланған алюминий электродтарының сілті қосылған натрий хлориді ерітіндісінде еруі.....	117
Чопабаева Н. Н., Муканов К. Н. In Vitro жағдайында эксперименталды панкреатиты бар егеуқұйрықтардың қан сарысуының көрсеткіштеріне сорбенттің әсері.....	124
Биология	
Саятов М. Х., Жұматов Қ. Х., Қыдырманов А. И., Карамендин К. Ә., Даулбаева К. Д., Асанова С. Е., Қасымбеков Е. Т., Хан Е. Я., Сүлейменова С. А. Қазақстанның жабайы орнитофаунасындағы тұмау а вирусына мониторинг (2002-2015 жж.).130	
Бостанова А. М., Әбдімүтәліп Н. Ә., Ибрагимова Д. И. Өсімдік тұқымдарының өсінділерін әртүрлі микроағзалармен зақымданудың ерекшеліктері.....	137
Лаханова К. М., Кедельбаев Б. Ш. Қара түсті қаракөл қозыларының жүн талшығының қабыршақ қабатындағы жасушаларында меланиннің таралуын жарық микроскопиялық зерттеу.....	141
Бостанова А. М., Сержанова А. Е., Тойчибекова Г. Б. Өсімдік тұқымдарындағы зен саңырауқұлақтарының дамуын және олардың әсер ету жағдайларын зерттеу.....	146
Қоғамдық ғылымдар	
Козловский В., Нарбаев Қ. А. Қазақстан республикасындағы төтенше жағдайлар зардаптарын бағалаудың ұйымдастыру құқықтық негіздері мәселелеріне.....	151
Сатылмыш Й. Мазмұнға негізделген оқыту әдісін пайдалана отырып жаратылыстану пәндерін шет тілінде үйрету.....	161
Аюпова З. К., Құсайынов Д. Ә. Қазақстан республикасы құқықтық жүйесіндегі ана мен бала құқықтарын қорғау механизмдері.....	167
Азатбек Т. А., Рамазанов А. А. Қазақстан ғылымындағы экономиканың дамуы.....	174
Панзабекова А. Ж., Турабаев Г. К., Жунисбекова Т. А. Қазақстан республикасындағы еңбек өнімділікке еңбекақының әсері.....	184
Цеховой А. Ф., Жақыпбеков Ж. Н. Компанияны дамыту және Қазақстанның бәсекеге жарамдылығын арттыру үшін басқару консалтингінің ықпалы.....	191
Атыгаев Н. Ә. Моғұлдардың исламды қабылдауы (мырза Мұхаммед Хайдардың «Тарих-и рашиди» мәліметтері бойынша).....	196
Цай В. М. Ұйымдық өзгерістерді басқару: жаңа тұжырымдаманың нобайлары.....	202
Андреева Г. М. Мемлекеттік-жеке меншік серіктестік: әлемдік тәжірибеде қолданылатын қағидалары мен формалары.....	207
Смаилова Ж. П. Тәуелсіздік жылдарында қазақстанда кәсіпкерлікті дамыту: мәселелері, перспективалары мен басымдықтары туралы.....	214
Абдимомынова А. Ш., Берикболова У. Д., Темирова А. Б. Инвестициялық және инновациялық қызметтің өңірлік Механизмі.....	227
Тлеужанова М. А., Алиев У. Ж., Герасимова Ю. Н. Жоғары білімнің басқару жүйесінің талдауы мен бағалауы.....	237

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

Полецук О. Х., Яркова А. Г., Адырбекова Г.М., Ермаханов М.Н., Саидахметов П.А. Исследование механизма реакции аминирования дихлорнафтохинонов на основании теории функционала плотности..... 5

Физика

Омар Ж.О., Такибаев Н.Ж., Құрманғалиева В.О. Расчет и анализ рассеяния резерфорда..... 14

Информатика

Ахметов Б.Б., Корченко А.Г., Терейковский И.А., Алибиева Ж.М., Батиев И.М. Параметры оценки эффективности нейросетевых средств распознавания кибератак на сетевые ресурсы информационных систем..... 19

Химия

Фазылов С.Д., Нуркенов О.А., Ибраев М.К., Жумакаева Б. Д., Жакупова А.Н., Нухулы А., Журинов М.Ж. Новые производные 5-меркапто-3-фенил-1,3,4-тиадиазол -2-тиона. Синтез и строение..... 39

Биология

Утеулин К.Р., Байтулин И.О. О необходимости восстановления деградированных популяций Кок-Сагыза..... 56

* * *

Технические науки

Машеков С.А., Акпанбетов Д.Б., Абсадыков Б.Н., Нугман Е.З., Рахматулин М.Л., Полецук А.И., Машекова А.С. Система автоматического регулирования скорости прокатки полос на многофункциональном продольно-клиновом стане горячей и холодной прокатки..... 62

Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Акимбекова М.М., Тусупкалиева Э.А., Мауленова М.Р. Конечно-элементная модель упругопластического деформирования листового металла в волнистых валках и продольно-клиновом стане..... 78

Айтчанов Б.Х., Тергеусизова А.С. Технологический процесс вытяжки оптических стержней как объект автоматизированного управления..... 91

Волокитин А.В., Курапов Г.Г., Волокитина И.Е., Панин Е.А. Моделирование совмещенного процесса прессования-волоочение..... 96

Лежнев С.Н., Курапов Г.Г., Волокитин А.В., Волокитина И.Е., Удербаяева А.Е. Эволюция микроструктуры стали при совмещенном процессе «прессование-волоочение»..... 103

Астрофизика

Шинибаев М.Д., Даирбеков С.С., Жолдасов С.А., Мырзакасова Г.Е., Алиаскаров Д.Р., Садыбек А.Ж. Оскулирующие элементы делоне во второй задаче Хилла 110

Химия

Башев А.Б., Кадирбаева А.С., Башева А.К., Журинов М.Ж. Растворение алюминиевых электродов в растворе хлорида натрия с добавлением щелочи при поляризации переменным током 117

Чопабаева Н.Н., Муқанов К.Н. Влияние сорбента на показатели сыворотки крови крыс с экспериментальным острым панкреатитом в условиях In Vitro..... 124

Биология

Саятов М.Х., Жуматов К.Х., Кыдырманов А.И., Карамендин К.О., Даулбаева К.Д., Асанова С.Е., Касымбеков Е.Т., Хан Е.Я., Сулейменова С. А. Мониторинг вирусов гриппа а в дикой орнитофауне Казахстана (2002-2015 гг.)..... 130

Бостанова А.М., Абдимуталип Н.А., Ибраимова Д.И. Особенности заражения проростков семян растений различными микроорганизмами..... 137

Лаханова К.М., Кедельбаев Б.Ш. Светомикроскопические исследования распределения меланина в корковых клетках волоса каракульских ягнят черной окраски..... 141

Бостанова А.М., Сержанова А.Е., Тойчибекова Г.Б. Изучение развития плесневых грибов в семенной массе растений и условия их дальнейшего воздействия..... 146

Общественные науки

Козловский В., Нарбаев К.А. К вопросу об организационно-правовых основах оценки последствий чрезвычайных ситуаций в республике Казахстан..... 151

Йылмаз С. Преподавание предметов по естественным наукам на иностранном языке с помощью инструкции на основе контента..... 161

Аюпова З.К., Кусаинов Д.У. Механизм защиты прав женщин и детей в правовой системе республики Казахстан 167

Азатбек Т.А., Рамазанов А.А. Научность экономического развития Казахстана..... 174

Панзабекова А.Ж., Турабаев Г.К., Жунисбекова Т.А. Влияние заработной платы на производительность труда в республике Казахстан..... 184

Цеховой А.Ф., Жакипбеков Ж.Н. Управленческий консалтинг как фактор развития компании и повышения конкурентоспособности Казахстана..... 191

Атыгаев Н.А. Исламизация моголов (по сведениям «Тарих-и рашиди» мирза Мухаммед Хайдара)..... 196

Цай В.М. Управление организационными изменениями: контуры новой концепции..... 202

Андреева Г.М. Государственно-частное партнерство: принципы и формы, используемые в мировой практике..... 207

Смаилова Ж.П. Развитие предпринимательства в казахстане за годы независимости: проблемы, перспективы и приоритеты развития..... 214

Абдимомынова А.Ш., Берикболова У.Д., Темирова А.Б. Региональный механизм инвестиционной и инновационной деятельности..... 227

Тлеужанова М.А., Алиев У.Ж., Герасимова Ю.Н. Анализ и оценка системы управления высшего образования в современных условиях в Казахстане..... 237

CONTENT

Technical sciences

Poleshchuk O.Kh., Yarkova A.G., Adyrbekova G.M., Ermakhanov M.N., Saidakhmetov P.A. Study of the reaction amination mechanism of the dichloronaphthalene on the basis of the density functional theory..... 5

Physics

Omar ZH.O., Takibayev N.ZH., Kurmangalieva V.O. Calculation and analysis of rutherford scattering..... 14

Informatics

Akhmetov B. B., Korchenko A.G., Tereykovsky I.A., Alibiyeva Zh.M., Bapiyev I.M. Parameters of efficiency estimation of neural networks of cyber attacks recognition on network resources of information systems 19

Chemistry

Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Ibraev M.K., Zhumakaeva B.D., Zhakupova A.N., Нухулы А., Zhurinov M.Zh. New derivatives of 5-mercapto-3-phenyl-1,3,4-thiadiazol-2-tione. Synthesis and structure..... 39

Biology

Uteulin K. R., Baitulin I.O. On necessity of restoration of the degraded Kok Saghyz population..... 56

* * *

Technical sciences

Mashekov S.A., Akpanbetov D.B., Absadykov B.N., Nugman Ye.Z., Rakhmatulin M.L., Poleshchuk A.I., Mashekova A.S. System of automatic control of the speed of rolling strips on a multifunctional longitudinal-wedge mill for hot and cold rolling..... 62

Mashekov S.A., Absadykov B.N., Akimbekova M.M., Tusupkaliyeva E.A., Maulenova M.R. Finite element model of elasto-plastic deformation of sheet metal in corrugated rolls and longitudinal-wedge mill..... 78

Aitchanov B.H., Tergeussizova A.S. Technological process of exhausting optical rods as an object of automated control..... 91

Volokitin A.V., Kurapov G.G., Volokitina I.E., Panin E.A. Simulation of the combined process of pressing-drawing..... 96

Lezhnev S.N., Kurapov G.G., Volokitin A.V., Volokitina I.E., Uderbaeva A.E. The evolution of the microstructure of steel at the combined process of "pressing-drawing"..... 103

Astrophysics

Shinibaev M.D., Dairbekov S.S., Zholdasov S.A., Myrzakasova G.E., Aliaskarov D.R., Sadybek A.G. Delaunay osculating elements in thesecond Hill task 110

Chemistry

Bayeshov A.B., Kadirbayeva A.S., Bayeshova A.K., Zhurinov M.Zh. Dissolution of aluminum electrodes in sodium chloride solution with addition of alkaline by polarization of alternating current..... 117

Chopabayeva N.N., Mukanov K.N. In Vitro effect of sorbent on parameters of blood serum of laboratory rats with experimental acute pancreatitis 124

Biology

Sayatov M.Kh., Zhumatov K. Kh., Kydyrmanov A.I., Karamendin K.O., Daulbaeva K.D., Asanova S.E., Kasymbekov E. T., Khan E.Ya., Suleymenova S. A. Monitoring of influenza a viruses in the wild avifauna of Kazakhstan (2002-2015)..... 130

Bostanova A. M., Abdimutalip N.A., Ibragimova D. I. Features of infection of sprouts of seeds of plants with different microorganisms..... 137

Lakhanova K.M., Kedelbayev B. The light microscopic research into distribution of melanin in crust cells of the hair from karakul lambs of black color..... 141

Bostanova A. M., Serzhanova A.E., Toychibekova G.B. Studying of development of mould mushrooms in the seed mass of plants and conditions of their further influence..... 146

Social Sciences

Kozlowski W., Narbayev K.A. To the question of organizational-legal bases of assessment of consequences of emergency situations in the republic of Kazakhstan..... 151

Yilmaz S. Teaching of natural science subjects in foreign language by using content based instruction..... 161

Ayupova Z.K., Kussainov D.U. Mechanism of defence of women and children's rights in the legal system of the republic of Kazakhstan..... 167

Azatbek T.A., Ramazanov A. Science Economy Development in Kazakhstan..... 174

Panzabekova A.ZH., Turabaev G.K., Zhumisbekova T.A. Salary influence on labour productivity in the republic of Kazakhstan 184

Tshevovoy A., Zhakipbekov Zh. Management consulting as a factor of development of the company and the foundation for improving the competitiveness of Kazakhstan..... 191

Atygaev N.A. The islamization of moghuls (according to mirza muhammad Haidar's «Tarikh-I rashidi») 196

Tsay V.M. Change of organizational management: new concept outlines..... 202

Andreeva G.M. Public-private partnerships: principles and forms used in the world practice 207

Smailova Zh.P. The development of entrepreneurship in kazakhstan for years of independence: problems, prospects and development priorities..... 214

Abdimomynova A.Sh., Berikbolova U.D., Temirova A.B. Regional mechanism of investment and innovation activity..... 227

Tleuzhanova M.A., Aliyev U. Zh., Gerassimova Y.N. Analysis and evaluation of control system of higher education in modern conditions in Kazakhstan..... 237

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 15.04.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
7,5 п.л. Тираж 2000. Заказ 2.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19