



TEMIR TAU TECH
UNIVERSITY

Қарағанды мемлекеттік
индустриялық университетінің
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК
Карагандинского государственного
индустриального университета

BULLETIN
of the Karaganda state
industrial university

www.bulletin.ttu.edu.kz

2

(41) 2023

Қарағанды индустриялық университеті



ISSN 2309-1177

Основан в 1991 году
Переименован в 2001 г. и 2013 г.

Периодичность 4 раза в год
№ 2 (41) 2023 г.

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**«ВЕСТНИК КАРАГАНДИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Главный редактор – Б. Абдрасилов
Ректор, доктор биологических наук, кандидат физико-математических наук

«Қарағанды мемлекеттік индустриялық университетінің хабаршысы»

«Qaraǵandy memlekettik indýstrialyq úniversitetiniń habarshysy»

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан (регистрационное свидетельство № 13579-Ж от 30.04.2013 г.)

Основная тематическая направленность: публикация результатов научных исследований по широкому спектру проблем в металлургии, технологии новых материалов, строительстве, машиностроении, технологических машинах и транспорте, энергетике, автоматизации и вычислительной технике, экономике, химической технологии, безопасности жизнедеятельности, общеобразовательных фундаментальных (базовых) дисциплинах.

Языки публикаций: казахский, русский, английский.

Периодичность: 1 раз в квартал (4 раза в год).

Собственник: Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский индустриальный университет»

Главный редактор

Абдрасилов Болатбек Серикбаевич	<i>Председатель Правления-Ректор НАО «Карагандинский индустриальный университет», член-корреспондент НАН РК, академик КазНАЕН, академик НАН ВШ РК, к.ф.-м.н., д.б.н., главный редактор</i>
Редакционная коллегия	
Белов Николай Александрович	<i>Директор инжинирингового центра ИЛТМ при кафедре «Технология литейных процессов» Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов», д.т.н., профессор, Россия</i>
Ким Александр Сергеевич	<i>Главный научный сотрудник лаборатории БОР Химико-металлургического института им. Ж. Абишева, д.т.н., Казахстан</i>
Павлов Александр Васильевич	<i>Профессор кафедры «Металлургия стали и ферросплавов» Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов», д.т.н., Россия</i>
Панин Евгений Александрович	<i>Доцент кафедры «Обработка металлов давлением» НАО «Карагандинский индустриальный университет», PhD, Казахстан</i>
Riad Taha Al-Kasasbeh	<i>Профессор Прикладного университета Al-Balqa (Al-Balqa' Applied University), PhD, г. Амман, Иордания</i>
Richard Fabik	<i>Профессор кафедры «Обработка материалов» Технического университета, PhD, г. Острава, Чехия</i>
Syed Abdul Rahman Al-Haddad	<i>Профессор факультета компьютерных и коммуникационных систем, Universiti Putra Malaysia (UPM), д.т.н., PhD, Малайзия</i>
Talal Awwad	<i>Заведующий кафедрой сейсмического геотехнического инжиниринга университета Дамаска, PhD, профессор, Сирия</i>
Ответственный секретарь	
Жүнісқалиев Талғат Тоқашұлы	<i>Директор Департамента науки и инновации НАО «Карагандинский индустриальный университет», Казахстан</i>

Наименование типографии, её адрес и адрес редакции:

ДЦТ Карагандинского индустриального университета,
101400 г. Темиртау, Карагандинская обл., пр. Республики, 30.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Раздел 1. Металлургия	6
1.1 А.Ж. АЛТЫНБАСОВА, С.С. АЙНАБЕКОВА, А.Е. ИБРАЕВА, У.У. УМБЕТОВ Углеродные нанотрубки.....	7
1.2 Г.А. УЛЬЕВА, Е.М. МАЦУГИНА Получение вторичных материалов из отходов кремниевого производства.....	18
1.3 В.А. АНДРЕЯЩЕНКО Влияние флюсов при получении металлокерамических материалов системы Al-Fe-Si	25
1.4 A.V. IVCHENKO, YU.A. BUBLIKOV Production and use of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa from steel with carbonitride hardening	31
1.5 А.Е. ИБРАЕВА, Н.Ю. КУЗЬМИНОВА Моделирование испытания на кручение	38
Раздел 2. Информационно-коммуникационные технологии	45
V.A. KUNAEV, A.B. BEKISH, A.D. TAISAGATOV 2.1 Analytical review of the software (plm systems) used for the product lifecycle management.....	46
2.2 Е.В. КУНТУШ, Т.И. СИБЕРСКАЯ Имплементация резонанса напряжений электрической цепи посредством прикладных программ MATLAB и Electronics Workbench ...	55
2.3 У.У. УМБЕТОВ, В.В. ЯВОРСКИЙ, А.О. ЧВАНОВА Принятие решений для гибких технологических процессов с использованием информационно-аналитических систем.....	62
Раздел 3. Технические науки и технологии.....	76
3.1 Н.Н. АСАБИНА Исследование особенностей коррозии аустенитных труб пароперегревателей котлов сверхкритического давления	77
3.2 Б.А. БАЗАРОВ, А.Н. КОНАКБАЕВА, А.Н. КАСЕНОВА Өңделетін аумақтардағы негіздің деформациясы кезінде сақиналы қимасы бар іргетастарын кешенді зерттеу мәселесіне	86
3.3 Б.А. БАЗАРОВ, А.Н. КОНАКБАЕВА, А.Н. КАСЕНОВА Зертханалық эксперимент жағдайында үш қадалы бұталардың СЭӘ сандық талдауы	90

Содержание

Раздел 4. Социально-гуманитарные науки Экономика	94
4.1 А.К. ЖУНУСОВА, Ю.Ф. ШАРИПОВА, А.Т. МЫРЗАХАНОВА, А.Б. МУКАТАЙ Преподавание иностранных языков в техническом вузе: важность в эффективные подходы	95
4.2 Р.Е. СЕРГАЗИНОВ, А.Б. ТРУС К вопросу оптимизации физкультурно-спортивной деятельности студентов высших заведений.....	98
4.3 О.В. МЕЛЕШКО Утомление при физической и умственной работе студента вуза, восстановление.....	103
Раздел 5. Химия.....	108
5.1 А.Х. ЖАКИНА, С.К. КАБИЕВА, Р.К. ЖАСЛАН Синтез и строение модифицированных производных п- аминобензойной кислоты.....	109
G.M. ZHUMANAZAROVA, E.M. TAZHBAYEV, J. HRANÍČEK 5.2 Environment pH influence on behavior of p-PFP copolymer-based gels with AA and MAA.....	115
С.Д. ФАЗЫЛОВ, О.А. НУРКЕНОВ, Р.Е. БАКИРОВА, С.К. КАБИЕВА, А.Ж.МЕНДИБАЕВА 5.3 Некоторые механизмы ингибирующей активности N'-замещенных гидразонов 2(4)-гидроксибензойной и изоникотиновой кислот в отношении эластазы нейтрофилов человека.....	120
Сведения об авторах.....	121
Правила оформления и предоставления статей.....	123



Раздел 1

Металлургия

Раздел 1. «Металлургия»

МРНТИ 47.09.48

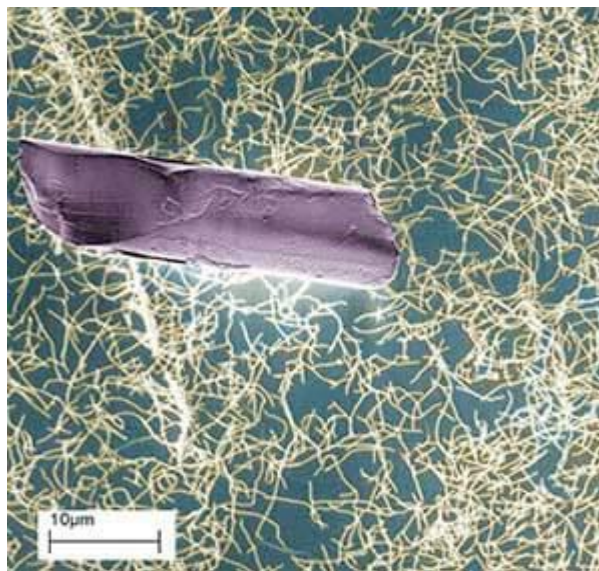
А.Ж. Алтынбасова, С.С. Айнабекова, А.Е. Ибраева, У.У. Умбетов

*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(E-mail.ru: a.altynbasova@ttt.edu.kz)***Углеродные нанотрубки**

В статье представлена информация об углеродных нанотрубках, его свойствах, и его использовании. Исключительные физические и химические свойства УНТ делают их одним из наиболее перспективных кандидатов для широкого спектра применений. УНТ более разнообразны вследствие их уникальных физико-химических характеристик. Рекомендуемый предел воздействия УНТ и профилактические меры должны быть сформулированы государственными советами по безопасности и гигиене труда.

Ключевые слова: Углерод, нанотрубка, графен, аллотропия, нановолокна, полупроводник, транзисторы, букипаперс, электрод.

Углеродные нанотрубки представляют собой цилиндрические молекулы, состоящие из скрученных листов однослойных атомов углерода. Они могут быть одностенными (ОУНТ) диаметром менее 1 нм или состоящими из нескольких концентрически связанных между собой нанотрубок, многостенными (МУНТ), диаметры которых достигают более 100 нм. Их длина может достигать нескольких микрометров и даже миллиметров.



Фиолетовая структура представляет собой фрагмент человеческого волоса диаметром от 80 до 100 тысяч нанометров, а на заднем плане — сеть однослойных углеродных нанотрубок.

Как и их строительный блок УНТ химически связаны с помощью sp^2 -связей, чрезвычайно сильной формы молекулярного взаимодействия.

Эта особенность в сочетании с естественной склонностью углеродных нанотрубок связываться друг с другом за счет сил Ван-дер-Ваальса дает возможность разрабатывать сверхвысокопрочные

Раздел 1. «Металлургия»

материалы с малым весом, обладающие высокой проводимостью электрических и тепловых свойств. Это делает их очень привлекательными для многочисленных применений.

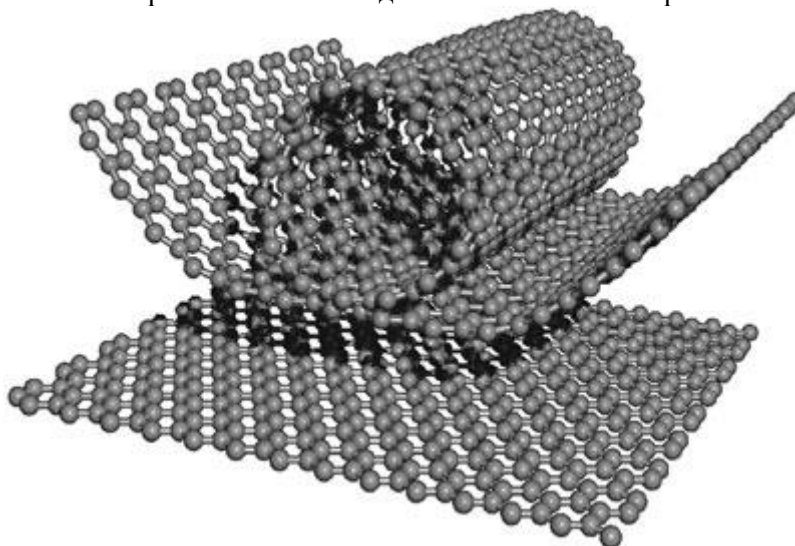


Схема того, как графен может свернуться в углеродную нанотрубку.

Углерод является четвертым по распространенности элементом во Вселенной и, в зависимости от расположения атомов углерода, принимает самые разные формы, называемые *аллотропами*. Углеродные аллотропы обладают уникальными свойствами прочности и электропроводности.

Твердый углерод при комнатной температуре имеет две классические структуры: алмаз и графит. В 1985 году открытие существования третьего и нового аллотропа углерода, содержащего шестьдесят идеально симметрично расположенных атомов углерода (также известных как C₆₀, фуллерен или бакиболы), означало крупный прорыв и открыло новую область углеродной нанохимии. Затем, в 1991 году, были открыты углеродные нанотрубки, а в 2004 году — графен.

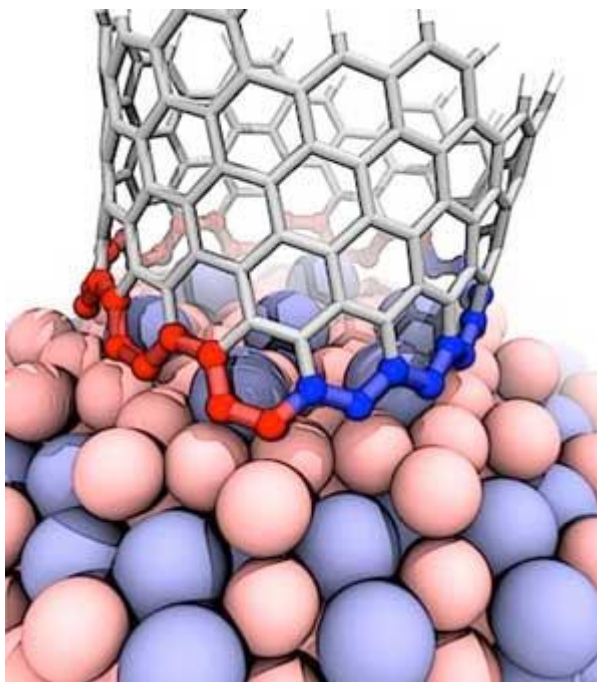
Электрические свойства углеродных нанотрубок.

Направление скручивания (свертывание или *хиральный вектор*) слоев графена определяет электрические свойства нанотрубок. Хиральность описывает угол гексагональной решетки атомов углерода нанотрубки.

Креслообразные нанотрубки, названные так из-за формы их краев, напоминающей кресло, имеют одинаковые индексы хиральности и очень востребованы благодаря своей идеальной проводимости. Они не похожи на *зигзагообразные* нанотрубки, которые могут быть полупроводниками. Если повернуть лист графена всего на 30 градусов, образуемая им нанотрубка изменит форму кресла на зигзагообразную или наоборот.

Хотя МУНТ всегда являются проводящими и достигают по крайней мере того же уровня проводимости, что и металлы, проводимость ОУНТ зависит от их хирального вектора: они могут вести себя как металл и быть электропроводящими; отображать свойства полупроводника; или быть непроводящим. Например, небольшое изменение шага спиральности может превратить трубку из металла в широкозонный полупроводник.

Раздел 1. «Металлургия»



На этой иллюстрации показана поверхность раздела между растущей углеродной нанотрубкой и кобальт-вольфрамовым катализатором. Атомное расположение катализатора заставляет нанотрубку быстро переходить из зигзагообразной (синий) в «кресло» (красный), что в конечном итоге вырастает в нанотрубку. (Изображение: Евгений Пенев/Университет Райса)

Свойства углеродных нанотрубок

Помимо своих электрических свойств, которые они унаследовали от графена, УНТ также обладают уникальными тепловыми и механическими свойствами, которые делают их интересными для разработки новых материалов:

- их механическая прочность на растяжение может быть в 400 раз выше, чем у стали;
- они очень легкие – их плотность составляет одну шестую плотности стали;
- их теплопроводность лучше, чем у алмаза;
- они имеют очень высокое соотношение сторон, превышающее 1000, т. е. по отношению к своей длине они чрезвычайно тонкие;
- площадь поверхности наконечника близка к теоретическому пределу (чем меньше площадь поверхности наконечника, тем более концентрировано электрическое поле и тем больше коэффициент усиления поля);
- как и графит, они обладают высокой химической стабильностью и противостоят практически любому химическому воздействию, если только не подвергаются одновременному воздействию высоких температур и кислорода — свойство, делающее их чрезвычайно устойчивыми к коррозии;
- их полая внутренняя часть может быть заполнена различными наноматериалами, отделяющими и защищающими их от окружающей среды — свойство, чрезвычайно полезное для приложений наномедицины, таких как доставка лекарств.

Все эти свойства делают углеродные нанотрубки идеальными кандидатами для электронных устройств, химических/электрохимических и биосенсоров, транзисторов, эмиттеров электронного поля, литий-ионных аккумуляторов, источников белого света, элементов хранения водорода, электронно-лучевых трубок (ЭЛТ), электростатических разрядов (ЭСР) и электростатические приложения.

Раздел 1. «Металлургия»

Разница между углеродными нанотрубками и углеродными нановолокнами

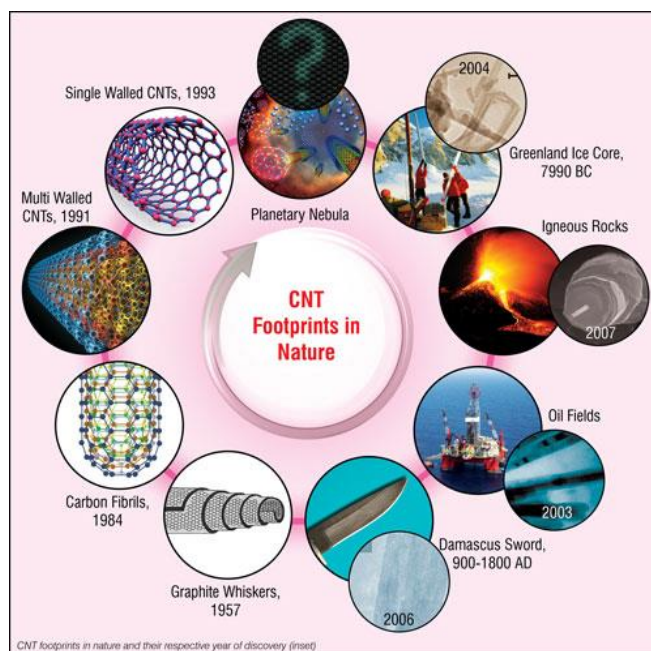
Углеродные нанотрубки отличаются от углеродных нановолокон (УНВ). УНВ обычно имеют длину несколько микрометров и диаметр около 200 нм. Углеродные волокна десятилетиями использовались для упрочнения соединений, но они не имеют такой структуры решетки, как УНТ. Вместо этого они состоят из комбинации нескольких форм углерода и/или нескольких слоев графита, уложенных под разными углами на аморфный углерод (где атомы не располагаются в упорядоченных структурах). УНВ обладают теми же свойствами, что и УНТ, но их прочность на растяжение ниже из-за их изменчивой структуры и они не полые внутри.

Для начала вы можете посмотреть эти пять коротких видеороликов об углеродных нанотрубках:
 Кто открыл углеродные нанотрубки?

Ежегодно публикуются тысячи статей по УНТ или смежным областям, и в большинстве этих статей заслуга открытия УНТ принадлежит Сумио Иидзуме, который в 1991 году опубликовал новаторскую статью в журнале Nature («Спиралевидные микротрубочки графитового углерода»). Сообщает об открытии многослойных углеродных нанотрубок.

При беглом просмотре научной литературы может сложиться впечатление, что Иидзума является фактическим первооткрывателем углеродных нанотрубок. Конечно, нет никаких сомнений в том, что он внес два основополагающих вклада в эту область, однако тщательный анализ литературы показывает, что он определенно не первый, кто сообщил о существовании УНТ.

Редакционная статья в журнале *Carbon* («Кому следует отдать должное за открытие углеродных нанотрубок?») попыталась прояснить ситуацию, описав хронологические события, которые привели к открытию углеродных нанотрубок. Если углубиться в историю углеродных нанотрубок, становится совершенно очевидным, что происхождение УНТ могло быть даже доисторическим по своей природе.



Следы УНТ в природе и год их открытия (врезка).

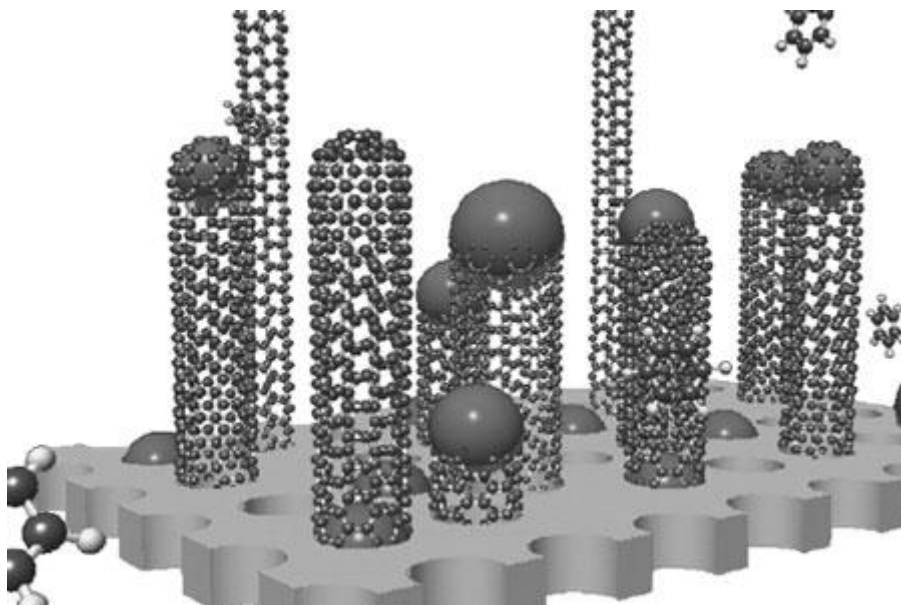
Как делают углеродные нанотрубки?

В настоящее время доступны три основных метода производства УНТ: дуговой разряд, лазерная абляция графита и химическое осаждение из паровой фазы (CVD).

В первых двух процессах графит сжигается электрически или с помощью лазера, а УНТ, образующиеся в газовой фазе, отделяются. Все три метода требуют использования металлов (например, железа, кобальта, никеля) в качестве катализаторов.

Раздел 1. «Металлургия»

Процесс CVD в настоящее время имеет наибольшие перспективы, поскольку он позволяет производить большие количества УНТ в более легко контролируемых условиях и с меньшими затратами. В процессе CVD производители могут комбинировать металлический катализатор (например, железо) с углеродсодержащими реакционными газами (такими как водород или монооксид углерода) для формирования углеродных нанотрубок на катализаторе внутри высокотемпературной печи.



Схематическое изображение роста УНТ на частицах катализатора во время CVD. Сначала развиваются мелкие частицы вторичного катализатора размером с диаметр УНТ, на которых начинают расти нанотрубки. Частица катализатора находится либо вверху, либо внизу формирующейся нанотрубки. Рост остановится, если частица катализатора дезактивируется за счет образования углеродной оболочки. (Изображение: © Королевское химическое общество)

Процесс CVD может быть чисто каталитическим или плазменным. Последний требует несколько более низких температур (200-500°C), чем каталитический процесс (до 750°C), и направлен на создание газонного роста УНТ.

Несмотря на то, что синтетические методы были усовершенствованы для получения углеродных нанотрубок высокой чистоты, образование побочных продуктов, содержащих примеси, таких как наночастицы, инкапсулированные металлом, металлические частицы на кончике углеродной нанотрубки и аморфный углерод, было неизбежным явлением, потому что металлические наночастицы необходимы для роста нанотрубок.

Эти чужеродные наночастицы, а также структурные дефекты, возникшие во время синтеза, имеют, к сожалению, следствие, что они изменяют физико-химические свойства полученных углеродных нанотрубок. Вот почему углеродные нанотрубки необходимо очищать с помощью различных методов, таких как кислотная обработка или ультразвук в конце производственного процесса.

Применение углеродных нанотрубок и их использование

УНТ хорошо подходят практически для любого применения, требующего высокой прочности, долговечности, электропроводности, теплопроводности и легкости по сравнению с обычными материалами.

В настоящее время УНТ в основном используются в качестве добавок к синтетике. УНТ коммерчески доступны в виде порошка, т.е. в сильно запутанной и агломерированной форме. Чтобы

Раздел 1. «Металлургия»

УНТ проявили свои особые свойства, их необходимо распутать и равномерно распределить по подложке.

Другое требование состоит в том, что УНТ должны быть химически связаны с подложкой, например пластиковым материалом. Для этого УНТ функционализируют, т.е. их поверхность химически адаптируют для оптимального включения в различные материалы и для конкретного применения.

Углеродные нанотрубки также могут быть сплетены в волокна, которые не только обещают интересные возможности для специального текстиля, но также могут помочь реализовать особенно утопический проект — космический лифт.

Материалы

Нанокompозиты на основе углеродных нанотрубок привлекли большое внимание как очень привлекательная альтернатива обычным композитным материалам благодаря их механическим, электрическим, термическим, барьерным и химическим свойствам, таким как электропроводность, повышенная прочность на растяжение, улучшенная температура теплового отклонения или огнестойкость.

Эти материалы обещают обеспечить повышенную износостойкость и прочность на разрыв, антистатические свойства, а также снижение веса. Например, было подсчитано, что усовершенствованные композиты УНТ могут снизить вес самолетов и космических кораблей до 30%.

Эти композиционные материалы уже нашли применение в:

- спортивные товары (велосипедные рамы, теннисные ракетки, хоккейные клюшки, клюшки и мячи для гольфа, лыжи, байдарки; спортивные стрелы)
- яхтинг (мачты, корпуса и другие части парусников)
- текстиль (антистатический и электропроводящий текстиль («умный текстиль»); пуленепробиваемые жилеты, водостойкий и огнестойкий текстиль)
- автомобилестроение, воздухоплавание и космос (легкие, высокопрочные конструкционные композиты)
- промышленное проектирование (например, покрытие лопастей роторов ветряных турбин, манипуляторов промышленных роботов)
- защита от электростатического заряда (например, исследователи разработали электропроводящую и гибкую пленку УНТ специально для космических применений) и радиационная защита с помощью нанопен и аэрогелей на основе УНТ.



Ткань CNT остановила снаряд калибра 9 мм в оболочке в контролируемых баллистических испытаниях. Показанный материал имеет примерно такую же толщину, как шесть сложенных стопкой визитных карточек. (Источник: Нанокомп Технологии)

Раздел 1. «Металлургия»

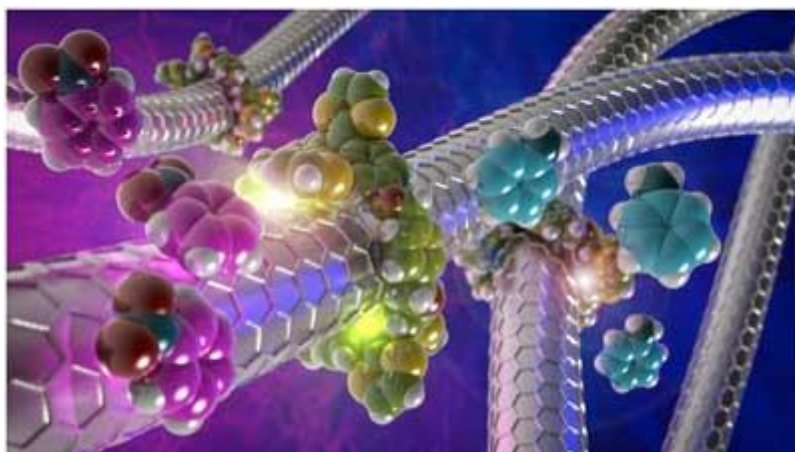
Катализ

Что делает углеродные нанотрубки столь привлекательными для катализа, так это их исключительно большая площадь поверхности в сочетании со способностью прикреплять практически любые химические соединения к их боковым стенкам. УНТ уже использовались в качестве катализаторов во многих соответствующих химических процессах, однако контролировать их каталитическую активность непросто.

Первоначально углеродные нанотрубки соединялись с молекулами посредством очень прочных связей (ковалентных связей), что приводило к очень стабильным соединениям. Однако такое соединение предполагает изменение структуры нанотрубки и, следовательно, ее свойств.

Это было бы аналогично прибиванию рекламного объявления к посту с помощью канцелярской кнопки: союз крепкий, но он оставляет дыру и в объявлении, и в poste. Также использовались слабые нековалентные силы, которые сохраняют структуру нанотрубок неповрежденной, но обычно дают кинетически нестабильные соединения. Сравнение в этом случае будет заключаться в том, чтобы прикрепить рекламу к посту. Ни реклама, ни пост не повреждены, но союз гораздо слабее.

Чтобы решить эту проблему, исследователи уже разрабатывают методы химической модификации углеродных нанотрубок путем механического связывания, что является первым примером механически связанных углеродных нанотрубок (MINT). Этот тип соединений столь же стабилен, как и ковалентные соединения, но в то же время так же бережно относится к исходной структуре, как и нековалентные соединения.



Положительная и отрицательная регуляция катализаторов из углеродных нанотрубок путем инкапсуляции в макроциклы. (Изображение: Эмилио М. Перес, IMDEA)

Транзисторы

Несмотря на появление графена и других двумерных (2D) материалов, полупроводниковые однослойные углеродные нанотрубки по-прежнему считаются сильными кандидатами на создание следующего поколения высокопроизводительных, ультрамасштабных и тонкопленочных транзисторов, а также для оптических транзисторов. электронные устройства для замены кремниевой электроники (подробнее: «20 лет нанотрубчатый транзистор»).

Один из важнейших вопросов заключается в том, могут ли CNT-транзисторы предложить преимущества в производительности по сравнению с кремнием при длине менее 10 нм.

В сообществе нанoeлектроников были неоднозначные мнения относительно того, сохранят ли транзисторы УНТ свою впечатляющую производительность при чрезвычайно больших длинах. Некоторые утверждали, что очень малая эффективная масса носителей будет способствовать явлению туннелирования, которое приведет к разрушению устройств на длине волны около 15 нм — мнение, поддерживаемое несколькими теоретическими исследованиями, в которых изучались устройства нанотрубок таких размеров.

Раздел 1. «Металлургия»

Между тем, другие по-прежнему были убеждены, что сверхтонкий корпус из одностенных углеродных нанотрубок — всего 1 нм в диаметре — обеспечит отличные характеристики транзистора даже в диапазоне менее 10 нм.



*Схема конфигурации транзистора из углеродных нанотрубок размером менее 10 нм.
(Изображение: Аарон Скотт, Университет Южного Иллинойса)*

До сих пор исследователи достигли только многообещающих экспериментальных результатов, и на данный момент остается множество проблем, связанных с интеграцией транзисторов CNT в производство микросхем в промышленных масштабах.

Датчики

Группа Сеса Деккера проложила путь к разработке электрохимических наносенсоров на основе УНТ, продемонстрировав возможности ОУНТ в качестве квантовых проводов и их эффективность при разработке полевых транзисторов.

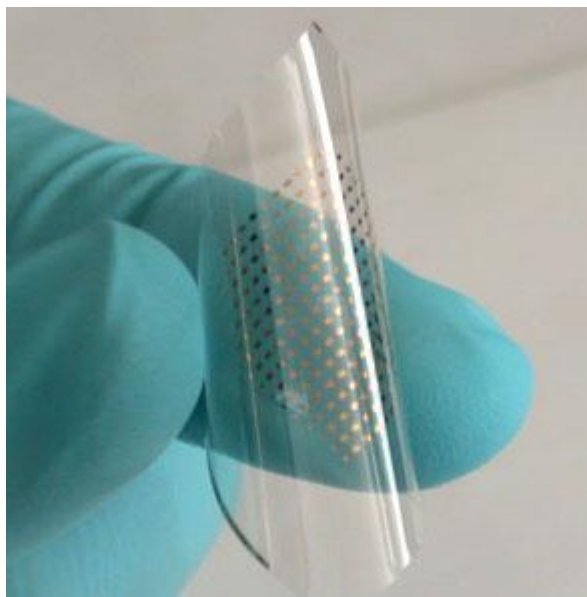
Многие исследования показали, что хотя УНТ являются прочными и инертными структурами, их электрические свойства чрезвычайно чувствительны к эффектам переноса заряда и химического легирования различными молекулами.

Большинство датчиков на основе УНТ представляют собой полевые транзисторы (ПТ). Хотя УНТ являются прочными и инертными структурами, их электрические свойства чрезвычайно чувствительны к эффектам переноса заряда и химическому легированию различными молекулами. CNTs-FET широко используются для обнаружения газов, таких как парниковые газы, в экологических приложениях.

Функционализация УНТ важна для того, чтобы сделать их селективными по отношению к целевому анализу. Различные типы сенсоров основаны на взаимодействии молекулярного распознавания между функциональными УНТ и целевыми аналитами.

Например, исследователи разработали гибкие датчики водорода с использованием однослойных углеродных нанотрубок, украшенных наночастицами палладия.

Раздел 1. «Металлургия»



Пример гибкого датчика водорода, изготовленного из однослойных углеродных нанотрубок. (Изображение: доктор Сан/Аргонн)

Нано-чернила

Составы чернил на основе дисперсий УНТ привлекательны для приложений печатной электроники, таких как прозрачные электроды, RFID-метки, тонкопленочные транзисторы, светоизлучающие устройства и солнечные элементы (подробнее: «Проводящие наноматериалы для приложений печатной электроники»).

Электроды

Углеродные нанотрубки широко используются в качестве электродов для химических и биологических датчиков и многих других электрохимических исследований. Благодаря своей уникальной одномерной молекулярной геометрии с большой площадью поверхности в сочетании с превосходными электрическими свойствами УНТ стали важными материалами для молекулярной инженерии поверхностей электродов, где разработка электрохимических устройств с возможностью переноса электронов в конкретных регионах имеет первостепенное значение.

Дисплеи

Учитывая их высокую электропроводность и невероятную остроту острия (чем меньше радиус кривизны острия, тем более концентрировано электрическое поле, тем выше автоэмиссия), углеродные нанотрубки считаются наиболее перспективным материалом для полевых эмиттеров и практичным материалом. например, УНТ в качестве эмиттеров электронов для автоэмиссионных дисплеев (FED).

Технология автоэмиссионного дисплея (FED) делает возможным создание нового класса недорогих плоскочелюстных дисплеев большой площади с высоким разрешением. Однако производство FED требует выращивания УНТ с точными размерами и плотностью. Высота, диаметр и острота наконечника влияют на напряжение, а плотность влияет на ток.

Букипаперс

Вискуареперс может найти множество применений: как один из самых теплопроводных известных материалов, Вискуареперс может привести к разработке более эффективных радиаторов для чипов; более энергоэффективный и легкий материал фоновой подсветки дисплеев; защитный материал для электронных схем от электромагнитных помех благодаря необычайно высокой токопроводящей

Раздел 1. «Металлургия»

способности; или переключаемые поверхности (см.: «Нанотехнологическая бумага для переключаемых поверхностей»).

Оптоэлектронные и фотонные приложения

В то время как отдельные нанотрубки генерируют дискретные тонкие пики оптического поглощения и излучения, макроскопические структуры, состоящие из множества собранных вместе УНТ, также демонстрируют интересное оптическое поведение.

Например, пучок ориентированных МУНТ длиной в миллиметр излучает поляризованный свет накаливания за счет нагрева электрическим током, а пучки ОУНТ дают более яркое излучение при более низком напряжении по сравнению с обычными вольфрамовыми нитями.

Наномедицина и биотехнология

Углеродные наноматериалы, такие как нанотрубки или графен, не только широко исследуются на предмет их потенциального использования в промышленности, но и представляют большой интерес для инженеров-биомедиков, работающих над приложениями нанотехнологий.

Существует значительный интерес к использованию УНТ для различных биомедицинских приложений. Физические свойства УНТ, такие как механическая прочность, электропроводность и оптические свойства, могут иметь большое значение для создания передовых биоматериалов.

Углеродные нанотрубки также могут быть химически модифицированы, чтобы представить специфические фрагменты (например, функциональные группы, молекулы и полимеры) для придания свойств, подходящих для биологических применений, таких как повышенная растворимость и биосовместимость, улучшенная совместимость материалов и клеточная чувствительность.

Углеродные нанотрубки, легированные азотом, например, были разработаны для приложений доставки лекарств.

Однако вопрос о цитотоксичности УНТ представляет собой область, которая уже привлекла большой исследовательский интерес и еще не привела к окончательному ответу. Учитывая неубедительное состояние этих нанотоксикологических исследований, исследователи говорят, что необходимы более систематические биологические оценки УНТ, обладающих различными химическими и физическими свойствами, для определения их точной фармакокинетики, цитотоксичности и оптимальных дозировок.

Фильтрация

Мембраны с высоким расходом являются важной частью будущей энергоэффективной очистки воды. Исследователи уже продемонстрировали эффективный перенос воды в углеродных нанотрубках с отверстиями менее одного нанометра.

Встраиваясь в жировые мембраны, нанотрубки сжимают входящие молекулы воды в единую файловую цепочку, что приводит к очень быстрому транспорту. Поток был в 10 раз быстрее, чем в более широких углеродных нанотрубках, и в 6 раз быстрее, чем в лучшей биологической мембране, белке под названием аквапорин.

Углеродные нанотрубки также использовались для демонстрации защитного текстиля с ультрадышащими мембранами. Эти мембраны обеспечивают скорость переноса водяного пара, превосходящую скорость коммерческих дышащих тканей, таких как GoreTex, даже несмотря на то, что поры CNT имеют ширину всего несколько нанометров.

Важно отметить, что они также обеспечивают защиту от биологических агентов благодаря очень маленькому размеру пор, менее 5 нанометров в ширину. Биологические угрозы, такие как бактерии или вирусы, намного больше и обычно имеют размер более 10 нм.

Чтобы эти мембраны также защищали от химических агентов, которые намного меньше по размеру, исследователи модифицировали поверхности УНТ функциональными группами, реагирующими на химическую угрозу. Эти функциональные группы будут чувствовать и блокировать угрозу, как привратники на входе в пору (подробнее: «Вторая кожа» защищает солдат от биологических и химических агентов).

Раздел 1. «Металлургия»

Литературы

- 1 Майкл Бергер «Нанообщество: раздвигая границы технологий», 2000.
- 2 Иидзима С. Спиралевидные микротрубочки графитового углерода. Природа, 1991.
- 3 Арико А.С., Брюс П., Скросати Б., Тараскон Дж.М., Ван Шалквейк В. Наноструктурные материалы для передовых устройств преобразования и хранения энергии, 2005.
- 4 Джаривала Д., Сангван В.К., Лаухон Л.Дж., Маркс Т.Дж., Херсам М.К. Углеродные наноматериалы для электроники, оптоэлектроники, фотовольтаики и датчиков, 2013.
- 5 Де Волдер МФЛ, Тауфик С.Х., Боуман Р.Х., Харт А.Дж. Углеродные нанотрубки: настоящее и будущее коммерческое применение, 2013.

А.Ж. Алтынбасова, С.С. Айнабекова, А.Е. Ибраева, У.У. Умбетов

Көміртекті нанотүтіктер

Мақалада көміртекті нанотүтікшелер, оның қасиеттері және қолданылуы туралы ақпарат берілген. Көміртекті нанотүтікшелердің ерекше физикалық және химиялық қасиеттері оларды қолданудың кең ауқымы үшін ең перспективалы үміткерлердің біріне айналдырады. Көміртекті нанотүтікшелер бірегей физика-химиялық сипаттамаларына байланысты әртүрлі. Көміртекті нанотүтікшелердің әсер етуінің ұсынылған шегі мен алдын алу шараларын мемлекеттік еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау кеңестері тұжырымдауы керек.

Түйін сөздер: көміртек, нанотүтік, графен, аллотропия, нанофибра, жартылай өткізгіш, транзисторлар, букипаперлер, электрод.

A.ZH. Altynbasova, S.S. Ajnabekova, A.E. Ibraeva, U.U. Umbetov

Carbon nanotubes

The article provides information about carbon nanotubes, its properties, and its use. The exceptional physical and chemical properties of carbon nanotubes make them one of the most promising candidates for a wide range of applications. Carbon nanotubes are more diverse due to their unique physicochemical characteristics. The recommended exposure limit for carbon nanotubes and preventive measures should be formulated by the State Occupational Safety and Health Councils.

Keywords: carbon, nanotube, graphene, allotropy, nanofibers, semiconductor, transistors, bookers, electrode.

References

- 1 Majkl Berger «Nanoobshchestvo: razdvigaya granicy tekhnologij», 2000.
- 2 Iidzima S. Spiralevidnye mikrotrubochki grafitovogo ugleroda. Priroda, 1991.
- 3 Ariko A.S., Bryus P., Skrosati B., Taraskon Dzh.M., Van SHalkvejck V. Nanostrukturnye materialy dlya peredovyh ustrojstv preobrazovaniya i hraneniya energii , 2005.
- 4 Dzharivala D., Sangvan V.K., Lauhon L.Dzh., Marks T.Dzh., Hersam M.K. Uglerodnye nanomaterialy dlya elektroniki, optoelektroniki, fotovol'taiki i datchikov, 2013.
- 5 De Volder MFL, Taufik S.H., Bouman R.H., Hart A.Dzh. Uglerodnye nanotrubki: nastoyashchee i budushchee kommercheskoe primeneniye, 2013.

Раздел 1. «Металлургия»

МРНТИ 47.09.48

Г.А. Ульева¹, Е.М. Мацугина²

¹АО «АрселорМиттал Темиртау», Темиртау, Казахстан,
²Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(E-mail.ru: g.ulyeva@mail.ru, yekaterina.matsugina@mail.ru)

Получение вторичных материалов из отходов кремниевого производства

Данная статья является обзорной. Авторы приводят целесообразность рециклинга отходов кремниевого производства – микрокремнезема (микрокремнезем). При этом подробно рассматриваются способы утилизации микрокремнезема различными методами. Показано, что при переработке микрокремнезема образуются улучшенные композиционные материалы с уникальными функциональными свойствами. Авторы данной статьи предлагают получать из отходов кремниевого производства – микрокремнезем – новые коррозионностойкие полимерные покрытия для металлических и неметаллических изделий. В данном случае микрокремнезем будет использоваться как наполнитель при создании полимерного покрытия. Такое технологическое решение позволит снизить себестоимость продукции, сэкономить металлоресурсы и защитить их от воздействия агрессивных сред, расширить сырьевую базу, снизить экологическую нагрузку региона.

Ключевые слова: микрокремнезем, виды микрокремнезема, применение микрокремнезема, отходы производства, композиционные материалы, добавки.

Введение

Кремний – один из важнейших компонентов, применяемый в различных отраслях промышленности для производства материалов. Однако, получение кремния электротермическим способом приводит к получению пылевидных отходов, содержащие кремний. Одним из таких отходов является микрокремнезем (микрокремнезем), получаемый под воздействием высокой температуры в электродуговых печах. С повышением температуры частицы кремния испаряются вместе с сопутствующими газами по газоходу. Далее, проходя по газоходу, где происходит уменьшение температуры, газообразные частицы кремния трансформируются в следующее агрегатное состояние – жидкое, а после в твердое, образуя конденсированный темно-серый порошок с содержанием диоксида кремния [1].

Микрокремнезем может поставляться в разных формах [2, 3]. Микрокремнезем неуплотненный – плотность такого материала в среднем не превышает 350 кг/м³. Как правило, это мелкий порошок с крайне малым удельным весом, предназначенный для использования при производстве строительных цементных растворов и сухих фасованных смесей.

Микрокремнезем уплотненный с плотностью в среднем до 600 кг/м³ подвергается специальной обработке. Консистенция материала не является пылеобразной в отличие от неуплотненного микрокремнезема. Мелкие гранулы уплотнённого микрокремнезема обеспечивают дополнительную простоту и удобство при использовании таких добавок [2, 3].

Микрокремнезем гранулированный – плотность этого материала в среднем не превышает 1000 кг/м³. Обработка гранулированного микрокремнезема предусматривает добавление ограниченного количества водной среды, что способствует образованию твердого агломерата. Применение гранулированного микрокремнезема обусловлено совместным измельчением с частицами какого-либо другого вещества вплоть до образования одноконсистентной смеси [2].

Известно, что на заводах по производству кремния образуется большое количество твердых техногенных отходов, состоящих в основном из диоксида кремния, углерода и соединений фтора, натрия и серы; кроме того, присутствуют газообразные выбросы в атмосферу (тонкодисперсная пыль, фтористый водород, диоксид серы, смолистые). И если выбросы в атмосферу можно кардинально

Раздел 1. «Металлургия»

понизить, применяя более совершенные системы газоочистки, то для твердых отходов требуется разработка решений, обеспечивающих их утилизацию с получением легко реализуемых продуктов [2].

Образование промышленных отходов, их хранение негативно сказывается на качестве почвы. В ней накапливается избыточное количество губительно действующих на живые организмы соединений, в том числе канцерогенных. В результате этого в загрязненной «больной» почве идут процессы деградации, нарушается жизнедеятельность почвенных организмов, почва беднеет и теряет свои основные качества [2].

Главная задача перед человеком – это утилизировать отходы без вреда для окружающей среды, либо использовать их как вторичное сырье, создавая новые композиционные материалы. Человечество придумывает различные виды переработки отходов, сохраняя первозданными виды природы, но и также использование их на благо. С каждым годом таких технологических ресурсосберегающих идей становится все больше.

Авторы статьи предлагают использовать отходы кремниевого производства в качестве сырья или исходного материала для получения новых композиционных материалов с требуемым комплексом свойств для различных отраслей науки и техники.

Применение микросилики (микрокремнезем). В работе [4] рассматривается история применения микрокремнезема. Отправной точкой исследований микрокремнезема считается 1944 год, когда ученые Норвегии (Университет технических и естественных наук) начали заниматься изучением микрокремнезема в качестве добавки в строительные материалы. В 1950 году в городе Кристиансанн на заводе Fiskaa (Норвегия) установили первые экспериментальные фильтры для улавливания микросилики. В 1952 году проводились первые испытания микрокремнезема в качестве добавки в портландцементные бетоны. В 1974 году на этом же заводе инженеры кардинально перепроектировали промышленный рукавный фильтр [5].

В 1990 году мировое сообщество признало микрокремнезем как добавку для бетонов, обеспечивающую улучшенные свойства конечного продукта. В Казахстане пока данная технология не используется, так как нет законодательной базы, поэтому микрокремнезем покупают и используют компании других стран.

Использование микросилики позволяет улучшить такие качества материалов как прочность, коррозионную стойкость, морозостойкость, а также устойчивость к агрессивному воздействию химических веществ. Также добавление микросилики в качестве добавки позволяет экономить основной материал [3].

В работе [6] приведены сравнительные результаты повышения прочности бетона в результате добавления нанокремнезема и микрокремнезема. В ходе определения прочности бетона состава цемент–песок–вода с добавками нано- и микрокремнезема на сжатие и изгиб результаты показали, что наблюдается более высокая активность нанокремнезема в форме золя по сравнению с микрокремнеземом. Использование в виде золя нанокремнезема в количестве SiO_2 0,01-0,1 мас.% относительно расхода цемента дает точно такой же эффект, как при использовании SiO_2 5,0-10,0 мас.% в виде порошка микрокремнезема. Нанокремнезем позволяет снижать дозировку до 50 раз и повышает эффективность по сравнению с микрокремнеземом при сопоставимых значениях роста прочности при сжатии и изгибе. Также результаты эксперимента показали, что вместе с повышением прочности, повышаются такие характеристики как сульфатостойкость, морозостойкость, стойкость к миграции хлоридов и др.

В работе [7] предлагается использование отходов кремниевого производства в качестве добавки для улучшения технологических свойств тампонажного раствора. В качестве кремниевого отхода использовался микрокремнезем марок МК-65 и МК-85 в растворах с установленной температурой 22°C. Микрокремнезем марок МК-65 и МК-85 имеет следующие воздействия на тампонажный раствор: снижение плотности, водоотделения и фильтрации. Результаты показали, что данный микрокремнезем улучшил технологические характеристики тампонажного раствора, не превышая норму плотности, водоотделения и фильтрации. Также микрокремнезем марок МК-65 и МК-85 повышает прочностные характеристики цементного камня. Исследование подтвердило, что использование данного микрокремнезема в тампонажных растворах положительно влияет на его технологические показатели.

В работе [8] рассматривается применение ресурсоэффективной системы промышленных отходов и вторичного сырья в качестве добавки в строительные материалы и изделия. В качестве добавки к цементному камню, а также тяжелому бетону, был использован микрокремнезем ферросплавного

Раздел 1. «Металлургия»

производства. Цель работы заключалась в улучшении ряда эксплуатационных характеристик и свойств бетона при помощи активации микрокремнезема. В ходе эксперимента было установлено влияние активированного микрокремнезема на свойства тяжелого бетона, уменьшение содержания цемента, заменяя его микродисперсным наполнителем. Модифицирование добавкой «MasterGlenium 115» и микрокремнеземом марки МКУ-95 улучшаются физико-химические свойства, а также гидрофизические (водопоглощение, водонепроницаемость, морозостойкость). Данные добавки показали себя как достойные материалы для производства строительных изделий и материалов.

В работе [9] предлагается использование отходов кремниевого производства повторно в качестве шихты как дополнение к основному сырью. По данным АО «Кремний» пыль содержит диоксид кремния в среднем 86%, такое содержание химического элемента пагубно влияет на людей и окружающую среду. Целесообразное использование кремниевого отхода как добавку к основному сырью путем окомкования поможет не только утилизировать данный вид отходов, но и увеличить выход готового продукта, улучшить качество труда, причиняя меньшего вреда окружающей среде.

Применение микро- и наносилики в качестве добавки для бетонных и строительных изделий описано в работе [4]. В исследовании проведен обоснованный выбор подходящей добавки для улучшения характеристики бетона. В качестве модифицирующей добавки был выбран микрокремнезем. Данный материал вводили параллельно в сочетании с нафталиновым суперфиксатором «Пластификатор С-3» в бетонную смесь. Данные добавки привели к улучшению таких характеристик цемента, как увеличение прочности, морозо-, износо-, сульфостойкости, химической стойкости, проницаемости при пониженном расходе продукта. Также анализ рыночной стоимости добавок показал, что одним из достоинств использования микрокремнезема – это невысокая стоимость материала, что приводит к понижению себестоимости конечного продукта.

В работе [10] с целью повышения прочностных характеристик и сульфатостойкости бетонов предлагается метод использования микросилики. Для получения высокосульфатного бетона на основе портландцемента класса СЕМ II/B-P 32,5N применялись химические и высокодисперсные добавки. Одной из добавок является микрокремнезем. Модификация портландцемента с микрокремнеземом и платифицирующей добавкой RHEOVUİLD 1000T улучшило ряд характеристик цементного камня. При добавлении микросилики с суперфиксатором повысилась прочность образцов, выдержанных в сульфатном растворе, что говорит о повышении сульфатостойкости. Результаты исследования показали, что микросилика положительно влияет на материалы, которые используются в таких агрессивных средах.

В работе [11] показана возможность получения легковесовой керамики из органоминеральных отходов, включающих в себя высококальциевую золу-унос и микрокремнезема. Для получения легковесовой керамики использовалась смесь из микрокремнезема с добавками глиеже вместе с водным раствором хлористых солей. Сочетание микрокремнезема с добавкой жидкого стекла дает возможность пластического формирования и получения пористого материала. Результат исследования показал, что использование микрокремнезема как сырья в качестве шихты помогает устранить воздушную усадку, активизировать минералообразование, а также снизить температуру обжига за счет внутренних парогазовых фаз.

В работе [12] изучается вопрос получения кислотостойких и теплоизоляционных материалов на основе микрокремнезема. В ходе исследования микрокремнезем использовался как сырье для шихты. Использовались двухкомпонентная (микрокремнезем и жидкое стекло) и трёхкомпонентная (микрокремнезем, зола-унос и жидкое стекло) шихты, обожженные при температурах 650 и 850°C, соответственно. В ходе эксперимента был принят способ водозатворения смеси из микрокремнезема и ввод выгорающей добавки. Далее был получен керамический материал полусухого прессования на основе микрокремнезема. Анализ материала показал удовлетворяющий уровень кислотостойкости, прочности и теплоизоляции.

В работе [13] исследовано влияние добавок микрокремнезема и смеси шлак-кремнезем в составе обжиговых керамических масс. В ходе эксперимента были произведены сушка сырья, формирование образцов и увлажнение смеси. Далее образцы подвергались испытаниям на прочность и водопоглощение. Результаты показали, что введение в состав керамических материалов микрокремнезема способствует снижению водопоглощения. Обжиг керамических образцов при 1100-12000°C способствует увеличению сопротивления образцов на разрушение при сжатии.

В работе [14] предлагается использовать для металлургических агрегатов комбинированные

Раздел 1. «Металлургия»

огнеупорные материалы с добавками техногенных отходов. В исследовании используется кремнеземистый огнеупор, полученный из глины, шамота с добавкой отходов кремниевого производства, а именно микросилики, также используются добавки отходов фтористого алюминия – кремнегеля. Образцами служили прямоугольные кубы из смеси кварца, микросилики, кремнегеля, глины и шамоты, далее спрессованные и высушенные в электрической воздушной печи с выдержкой в течение 24 ч. Результаты показали, что, заменяя кварц микросиликой, – пористость материала снижается, а насыпная плотность образцов повышается. Замена обычного источника кремния в тугоплавком образце на активный приводит к уменьшению пространства между частицами, что говорит о лучшей уплотняемости при спекании. Предел прочности при сжатии увеличился от 10 до 30%, однако микросилика оказала небольшое влияние на увлечение теплопроводности.

В работе [15] авторы предлагают использовать микрокремнезем в качестве добавки для повышения физико-механических свойства портландцемента. Количество добавки микрокремнезема составляет от 2 до 8%. Пробы цементов получали смешиванием портландцемента с добавкой микрокремнезема, взятого в определенном количестве, в металлическом барабане в течение 5 минут. Результаты исследования показали, что удельная поверхность возрастает с увеличением содержания микрокремнезема, водопотребность увеличивается, тем самым отразившись на увеличении сроков схватывания смеси, а также увеличилась прочность цементного камня.

В работе [16] предлагается использовать раствор из микрокремнезема в качестве покрытия для повышения стойкости к истиранию и устойчивости к царапинам. В состав покрытия включается жидкий растворитель (вода или органический растворитель), смола и до 25% микрокремнезема. При нанесении покрытия поверхность приобретает блеск, что позволяет в будущем улучшить растекаемость краски.

В работе [17] предлагается использовать микрокремнезем в качестве армирующего наполнителя для систем полимочевины. Микрокремнезем помогает заполнить пустые объемы материала, тем самым уменьшая его пористость. Покрытия из полимочевины, модифицированные микрокремнеземом и аэросилом, готовили с помощью напылительной машины. Физико-химические свойства полученных композиций измеряли после старения образцов в различных условиях: хранение при комнатной температуре, выдержка в течении 5 и 14 суток при 80°C, выветривание в течение 500 часов с ультрафиолетовым облучением. Результаты эксперимента показали, что с добавлением микрокремнезема и аэросила повышаются такие механические параметры полимочевинных композиций, как относительное удлинение при разрыве, прочность при растяжении и твердость. После проведения термического анализа было выявлено, что добавление модификаторов значительно улучшает термостабильность. Также эксперимент позволил доказать авторам, что добавление кремнеземных наполнителей образуют агломераты в композициях полимочевины, а добавление парафина улучшает дисперсность наполнителя.

Таким образом, из всего разнообразия разработок по переработке отхода кремниевого производства – микросилики можно выделить следующие характерные признаки:

- при вторичной переработке микросилики происходит утилизация производственных отходов кремниевого производства (пыльной фракции микросилики) и возвращение некоторых ценных компонентов в производственные циклы;
- микросилика является надежной, доступной и экономически выгодной альтернативой для улучшения свойств имеющихся в настоящее время материалов и получения новых материалов со специальными свойствами.
- существующие технологии утилизации кремнийсодержащих порошкообразных отходов, несмотря на их разнообразие, имеет один общий основной признак – в результате их переработки кремний в них как был, так и остался кремнием, то есть он не изменяет своего химического состояния.

Выводы

Основные причины неблагоприятной экологической ситуации, связанной с хранением, размещением, накоплением отходов производства и потребления: нехватка мест захоронения отходов, соответствующих экологическим нормам; отсутствие нормативной базы; отсутствие технологий и/или финансирования новейших способов переработки и утилизации отходов производства и потребления; слабо развита перерабатывающая промышленность; слабый контроль над образованием отходов;

Раздел 1. «Металлургия»

недостаточное экологическое образование населения.

Но очевидно, что отходы производств, попутных и вторичных продуктов – это огромный резерв повышения эффективности национальной экономики. Широкое применение отходов производства и потребления положительно скажется как на развитии промышленности, малого и среднего бизнеса, так и на ресурсном потенциале и состоянии окружающей среды. Особое внимание необходимо уделить масштабам и степени загрязнения территорий отходами производства и потребления, их вредное влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения.

Развитие сферы утилизации и переработки отходов является одной из основных экономических задач, ответ на которую даст толчок к изменению взгляда на отходы производства как на конечный продукт использования; увеличению охвата использования методов вторичной переработки и концентрации внимания на получение из него экономической прибыли.

Литература

1 Сайт <https://mk85.ru/mk-neuplotnenn/>. [Электронный ресурс]. Микрокремнезем МК-85 неуплотненный конденсированный. (дата обращения 15.06.2023 г.).

2 Сайт <https://msd.com.ua/tehnologiya-teploizolyacii/problema-promyshlennyx-otxodov/>. [Электронный ресурс]. Технология. Теплоизоляция. Проблемы промышленных отходов. (дата обращения 15.06.2023 г.).

3 Сайт <https://mk-mineral.ru/articles/primenenie-mikrokremnezema/primenenie-mikrokremnezema/>. [Электронный ресурс]. Применение микрокремнезема. (дата обращения 16.06.2023 г.).

4 Мункхтувшин Д., Балабанов В.Б., Пуценко К.Н. Опыт применения добавок микро- и наносилики из отходов кремниевого производства в бетонных технологиях // Известия вузов. Технические науки. Строительство, Том 7, №3, 2017. – с. 107-114.

5 Rohde D., Beck A., Wilpert P., Windfeldt M.K., Andersson L.E. Thermal energy storage for increased waste heat recovery at a silicon production plant in Norway. Applied Thermal Engineering. – 2022. – 215. – №118909.

6 Потапов В.В., Горев Д.С. Сравнительные результаты повышения прочности бетона вводом нанокремнезема и микрокремнезема // Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН. Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – с. 98-102.

7 Буглов Н.А. и др. Использование отходов кремниевого производства в качестве добавок, улучшающих технологические показатели тампонажных растворов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 6. – с. 122-130.

8 Ткач Е.В., Темирканов Р.И., Ткач С.А. Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема совместно с микроармирующим волокном для повышения эксплуатационных характеристик // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 5. – с. 215-226.

9 Леонова М.С. Окомкование пылевых отходов шламохранилищ кремниевого производства как способ снижения экологических рисков. XXI век // Техносферная безопасность. – 2019. – №4(2). – с. 142-149.

10 Садыхова А.Р. Пути повышения прочности и сульфатостойкости бетонов // Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет. Инновации и инвестиции. – 2018. – №1. – с. 223-225.

11 Лохова Н.А., Косых А.В., Тугарина А.О. Рациональное использование отходов промышленности в производстве легковесной керамики // Братский государственный технический университет. Успехи современного естествознания. – 2003. – №11. – с. 19-22.

12 Макарова И.А., Либеровская С.В. Кислотостойкие и теплоизоляционные керамические материалы на основе микрокремнезема // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2019. – №9(4). – с. 742-753.

13 Юшков В.П., Торосян В.Ф. Обжиговые керамические композиты с металлургическими шлаками // Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета. Сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность». – Т. 2. – 2015. – с. 385-388.

14 В.Ю. Бажин, М.В. Глазьев Комбинированные огнеупорные материалы с добавкой техногенных отходов для металлургических агрегатов // ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

Раздел 1. «Металлургия»

Новые огнеупоры. – 2020. – №11. – с. 21-26.

15 Потапова Д. А., Капустин Ф. Л. Исследование влияния добавки микрокремнезема на физико-механические свойства портландцемента // Уральский федеральный университет.

16 Салькеева Л.К., Севостьянова К.А., Каколина Г.М., Тажбаев Е.М., Сугралина Л.М., Омашева А.В., Каколина Г.М. Патент С01В 33/18 «Способ получения осажденного кремнеземного наполнителя». Бюл. №15. Опубликовано 15.11.2016.

17 Meskhi B., Beskopylny A.N., Stel'makh S.A., Chernil'nik A., El'shaeva D. Insulation Foam Concrete Nanomodified with Microsilica and Reinforced with Polypropylene Fiber for the Improvement of Characteristics. Polymers. – 2022. – 14(20). – №4401.

Г.А. Ульева, Е.М. Мацугина

Кремний өндірісінің қалдықтарынан қайталама материалдарды алу

Бұл мақала шолу болып табылады. Авторлар кремний өндірісінің қалдықтарын – микро кремний диоксиді (микросиликтер) қайта өңдеудің орындылығын келтіреді. Бұл микросиликаны әртүрлі әдістермен жою әдістерін егжей-тегжейлі қарастырады. Микросиликаны қайта өңдеу кезінде ерекше функционалды қасиеттері бар жақсартылған композициялық материалдар пайда болатындығы көрсетілген. Осы мақаланың авторлары кремний өндірісінің қалдықтарынан - микросиликтерден-металл және металл емес өнімдерге арналған коррозияға төзімді жаңа полимерлі жабындарды алуды ұсынады. Бұл жағдайда микросилика полимерлі жабынды жасау кезінде толтырғыш ретінде пайдаланылады. Мұндай технологиялық шешім өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, металл ресурстарын үнемдеуге және оларды агрессивті ортаның әсерінен қорғауға, шикізат базасын кеңейтуге, аймақтың экологиялық жүктемесін азайтуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: микрокремний тотығы, микрокремнийдің түрлері, микрокремний тотығын пайдалану, өндіріс қалдықтары, композиттік материалдар, қоспалар.

G.A. Ulyeva, E.M. Matsugina

Obtaining secondary materials from silicon production wastes

This article is a review article. The authors present the feasibility of recycling of silicon production waste - microsilica (microsilica). The methods of microsilica recycling by different methods are discussed in detail. It is shown that recycling of microsilica produces improved composite materials with unique functional properties. The authors of this paper propose to obtain new corrosion-resistant polymer coatings for metallic and non-metallic products from silicon production waste - microsilica. In this case, microsilica will be used as a filler in the creation of polymer coating. This technological solution will allow to reduce the cost of production, save metal resources and protect them from the impact of aggressive environments, expand the raw material base, and reduce the environmental load of the region.

Key words: microsilica, types of microsilica, applications of microsilica, production waste, composite materials, additives.

References

1 Website <https://mk85.ru/mk-neplotnenn/>. [Electronic resource]. Microsilica MK-85 unconsolidated condensed silica. (circulation date 15.06.2023).

2 Website <https://msd.com.ua/tehnologiya-teploizolyacii/problema-promyshlennyx-otxodov/>. [Electronic resource]. Technology. Thermal insulation. Problems of industrial waste. (accession date 15.06.2023).

Раздел 1. «Металлургия»

3 Website <https://mk-mineral.ru/articles/primenenie-mikrokremnezema/primenenie-mikrokremnezema/>. [Electronic resource]. Microsilica application. (accessed 16.06.2023).

4 Munkhtuvshin D., Balabanov V. B., Putsenko K. N. Experience of using additives of micro- and nanosilica from silicon production wastes in concrete technologies // *Izvestiya vuzov. Technical Sciences. Construction*, Vol. 7, No. 3, 2017. - с. 107-114.

5 Rohde D., Beck A., Wilpert P., Windfeldt M.K., Andersson L.E. Thermal energy storage for increased waste heat recovery at a silicon production plant in Norway. *Applied Thermal Engineering*. - 2022. - 215. - №118909.

6 Potapov V.V., Gorev D.S. Comparative results of increasing strength of concrete by introducing nanosilica and microsilica // *Research Geotechnological Center FEB RAS. Modern knowledge-intensive technologies*. - 2018. - № 9. - с. 98-102.

7 Buglov N.A. et al. Use of Silicon Production Waste as Additives Improving Technological Performance of Plugging Solutions // *Izvestia of Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*. - 2022. - Т. 333. - № 6. - с. 122-130.

8 Tkach E.V., Temirkanov R.I., Tkach S.A. Integrated study of modified concrete based on activated microcementem together with micro reinforcing fibre to improve performance characteristics // *Izvestia of Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*. - 2021. - Т. 332. - № 5. - с. 215-226.

9 Leonova M.S. Pelletizing of dust wastes from silicon production sludge pits as a way to reduce environmental risks. *XXI century // Technosphere safety*. - 2019. - №4(2). - с. 142-149.

10 Sadikhova A.R. Ways to improve strength and sulphate resistance of concrete // *Azerbaijan Architecture and Construction University. Innovations and investments*. - 2018. - №1. - с. 223-225.

11 Lokhova N.A., Kosykh A.V., Tugarina A.O. Rational use of industrial waste in the production of lightweight ceramics // *Bratsk State Technical University. Uspekhi sovremennogo naturakhaistva*. - 2003. - №11. - с. 19-22.

12 Makarova I.A., Liberovskaya S.V. Acid-resistant and heat-insulating ceramic materials based on microsilica // *Izvestiya vuzov. Invest. Construction. Real Estate*. - 2019. - №9(4). - с. 742-753.

13 Yushkov V.P., Torosyan V.F. Fired ceramic composites with metallurgical slags // *Yurginsky Technological Institute (branch) of Tomsk Polytechnic University. Proceedings of V All-Russian Scientific and Practical Conference "Nondestructive Testing: Electronic Instrumentation, Technology, Safety"*. - Т. 2. - 2015. - с. 385-388.

14 V.Yu. Bazhin, M.V. Glazyev Combined refractory materials with an additive of man-made waste for metallurgical units // *FGBOU VPO "Saint-Petersburg Mining University. New refractories*. - 2020. - №11. - с. 21-26.

15 Potapova D.A., Kapustin F.L. Study of the effect of microsilica additive on physical and mechanical properties of Portland cement // *Urals Federal University*.

16 Salkeyeva L.K., Sevostyanova K.A., Kakolina G.M., Tazhbaev E.M., Sugralina L.M., Omasheva A.V., Kakolina G.M. Patent C01B 33/18 "Method of preparation of precipitated silica aggregate". Bulletin number 15. Published on 15.11.2016.

17 Meskhi B., Beskopylny A.N., Stel'makh S.A., Chernil'nik A., El'shaeva D. Insulation Foam Concrete Nanomodified with Microsilica and Reinforced with Polypropylene Fiber for the Improvement of Characteristics. *Polymers*. - 2022. - 14(20). - №4401.

Раздел 1. «Металлургия»

МРНТИ 53.39.31

В.А. Андреященко

*Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан
(E-mail.ru: Vi-ta.z@mail.ru)*

Влияние флюсов при получении металлокерамических материалов системы Al-Fe-Si

В данной статье изучено влияние флюсов при получении металлокерамических материалов. В качестве металлокерамического материала выбрана система Al-Fe-Si. Использовано две группы флюсов: флюс марки АН348 и керамический флюс. Каждый флюс распределяли по фракциям и анализировали для выявления наиболее рационального фракционного состава, способствующего полноценной защите шихты от окисления. Выполнен нагрев в контролируемых условиях до температуры 915°C с замером веса на каждом этапе нагрева. Визуально оценена эффективность покрытия флюсами шихтового материала. Проанализированы выходные данные термогравиметрического анализа. Предпочтительнее использование флюса марки АН348 для обеспечения полноценной защиты шихты от окисления. Использование керамического флюса любой фракции приводит к образованию оксидов, в том числе на поверхности флюса.

Ключевые слова: металлокерамический материал, Al-Fe-Si, флюс, керамический флюс, термогравиметрический анализ.

Введение

Текущая ситуация рынка металлоизделий представлена подавляющим большинством промышленного использования черных металлов, однако перспективность цветных сплавов является неоспоримой. Исследование сплавов системы Al-Si, содержащих такие элементы, как железо, медь, марганец, является одним из перспективных направлений в металлургии и материаловедении. Сплавы с повышенным содержанием кремния проявляют хорошее сопротивление износу, жидкотекучесть и термическую стабильность. Однако эти сплавы плохо обрабатываются давлением из-за склонности к образованию трещин. Высокое содержание железа вызывает повышение прочности, а присутствие марганца снижает отрицательное действие железа, изменяя морфологию структурных соединений.

На данном этапе развития науки и техники широкое распространение получили сплавы системы Al-Si-Fe с добавлением таких элементов, как Mn, Cu, Ti и др. во многих отраслях промышленности. Уникальность сплавов данной системы заключается в возможности формирования специфических фаз, обладающих уникальными свойствами без добавления дорогостоящих легирующих компонентов. Свойства той или иной фазы определяется в первую очередь типом ее кристаллической решетки, и соответствующим химическим составом.

Металлокерамические материалы в последнее время получают все больше и больше внимание исследователей, что обусловлено благоприятным сочетанием свойств, как например, прочность, твердость, износостойкость и коррозионная стойкость.

Известно, что аддитивные технологии позволяют быстро изготавливать трехмерные металлические, керамические или композиционные детали с металлической матрицей любой сложной формы. Такие сложные «компоненты-конфигурации» невозможно получить с помощью традиционных методов обработки. Вне зависимости от метода синтеза, такие материалы характеризуются повышенными механическими характеристиками по сравнению с матричным сплавом. В настоящей работе для синтеза материала использован аддитивный метод путем наплавки под флюсом плавящимся электродом. Выбор такого подхода обеспечивает получение заданного состава путем использования шихты с определенным содержанием требуемых элементов, использование флюса минимизирует угар шихтовых элементов и исключает окисление при высоких температурах. При этом

Раздел 1. «Металлургия»

высокие температуры, достигаемые при реализации синтеза, обеспечивают полноценное формирование требуемого фазового состава.

Целью данного исследования является оценка и выбор флюсового материала для синтеза металлокерамических материалов системы Al-Si-Fe.

Методы и материалы

Для исследования использованы следующие коммерческие материалы: металлический кремний, технический чистый алюминий, сталь марки 08кп. Все исходные материалы подвергнуты измельчению до фракции 0,3-0,5 мм. Измельчение выполнено в виброистирателе. Контроль размеров частиц осуществлялся просеиванием через сита с соответствующим размером ячеек. Далее измельченные порошки исходных компонентов смешивали в соотношении Al 59 : Fe 32 : Si 9 весовых процентов. Затем проведено механическое легирование путем совместного измельчения в вибрационной мельнице в течение 5 минут с частотой 30Гц. Вес каждой навески в стакане мельницы составлял 20 гр. Одновременно измельчалось две навески. После механической активации готовая смесь была готова для синтеза аддитивным методом. Для исследования влияния флюсов подготовлено две партии образцов, первая из которых исследовалась с использованием флюса марки АН348, вторая партия обрабатывалась под керамическим флюсом.

Обе партии для исследования были загружены в Термогравиметрический анализатор Eltra Thermostep thermogravimetric Analyzer, где в контролируемых условиях определялся вес навесок при нагреве до 915°C, а затем изучались визуально.

Помимо двух типов флюсов также исследованию подвергался фракционный состав, при этом каждая из партий подразделялась на три группы: с фракцией 1,6-1,0 мм, 1,0-0,63 мм и менее 0,63 мм.

Всего было изучено 19 образцов с повторным дублированием.

В анализируемых тиглях были загружены материалы при следующих условиях: только флюсы, шихтовый материал без флюса, шихтовый материал, покрытый флюсом для имитации процесса синтеза.

Результаты и обсуждение

Термогравиметрический анализ применяют преимущественно для анализа выхода летучих при нагреве. В данном случае этот подход был использован для оценки газопроницаемости флюсов и исследовании его защитной функции. Контролируемый нагрев до температуры 915°C с параллельным измерением массы навески позволяет изучить эти параметры и спрогнозировать поведение флюса и шихтового материала в реальных условиях синтеза. При синтезе температура превышает 5000°C, что приводит к расплавлению как шихты, так и флюса. При термогравиметрическом анализе расплавления ни шихты, ни флюса не происходит, однако этот анализ прекрасно моделирует поведение материалов на начальных этапах нагрева при синтезе. При данной температуре наблюдается образование и рост оксидов металлов шихты. В случае наблюдения оксидообразования при низких температурах большая вероятность их образования и при температурах синтеза. Однако высокая газопроницаемость флюса также будет способствовать стабильности процесса горения при синтезе.

Интерпретация данных термогравиметрического анализа (Рисунок 1) показала, что флюсы сами по себе (без присутствия шихтовых материалов) инертны, не происходит ни набора веса, ни его уменьшения за счет влажности.

Окисление при нагреве в данных условиях определяется типом используемого флюса и его фракционным составом.

Раздел 1. «Металлургия»

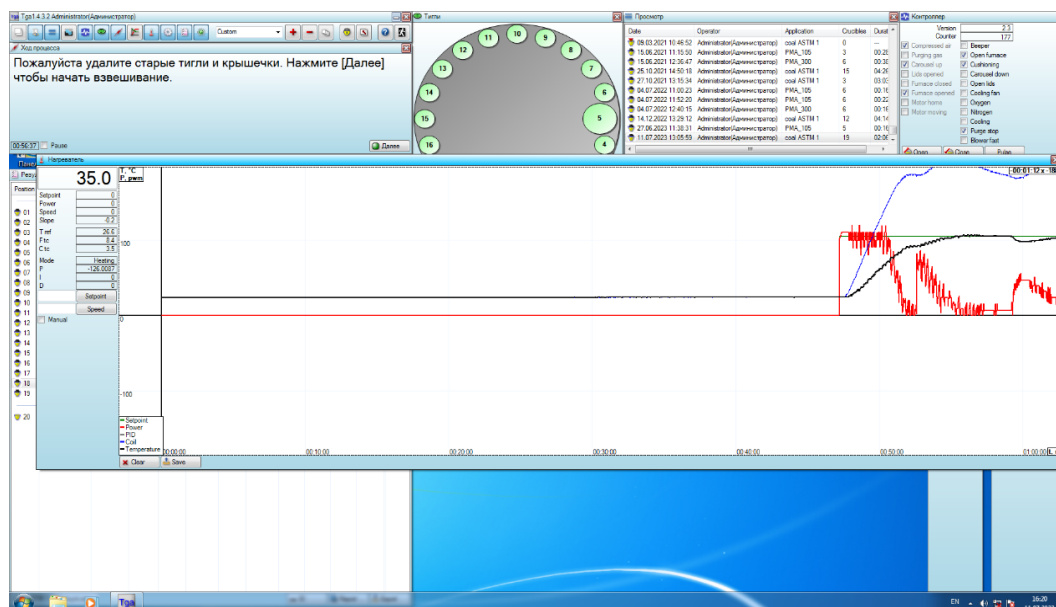


Рисунок 1. График термогравиметрического анализа

Проведенные исследования показали высокую реакционную способность шихтовых материалов, шихта активно вступает в реакцию с кислородом, что приводит к образованию окислов и остаточной зольности (рисунок 2).

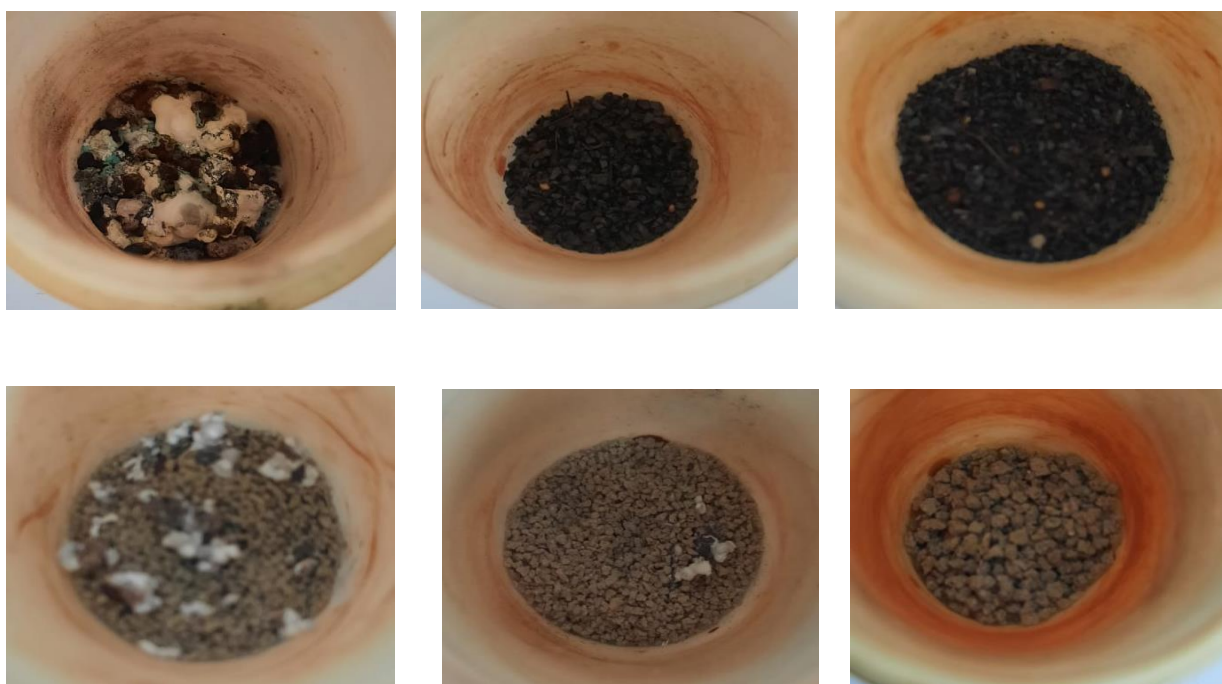


Рисунок 2. Вид шихты керамического материала после нагрева до 950°C: а – без флюса, б, в – с флюсом марки АН348, г, д, е – с керамическим флюсом размером 0,63; 1 и 1,6 мм

Результаты термогравиметрического анализа и визуальная оценка дают аналогичные результаты. Отсутствие флюса приводит к полному окислению поверхностного слоя, формированию грубой корки и переходе компонентов шихты в оксиды (рисунок 2а). Синтезирование керамического материала без

Раздел 1. «Металлургия»

использования флюса невозможно. Использование флюса марки АН348 обеспечивает полноценную защиту шихтового материала от кислорода, исключая образование оксидов. При использовании керамического флюса полной защиты от окисления шихтового материала при нагреве не наблюдается. Стоит отметить, что флюс фракции 1,6 – 1,0 наиболее эффективно защищает шихту от визуальных проявлений процесса оксидообразования.

Выводы

В данной работе представлены результаты анализа защитной функции двух групп флюсов в трех фракционных составах каждый. При этом керамический флюс не оказывает заметной защитной функции вне зависимости от фракционного состава, при этом фракция 1,6-1,0 более предпочтительна. Флюс марки АН348 при всех фракционных составах исключает выход оксидов на поверхность флюса.

Благодарности: настоящее исследование выполнено при финансировании Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Гран № АР19675471).

Список литературы

- 1 Chak V., Chattopadhyay H., Dora T. L. A review on fabrication methods, reinforcements and mechanical properties of aluminum matrix composites //Journal of manufacturing processes, 2020, V. 56, 1059-1074.
- 2 Tjong, S. C. Novel Nanoparticle-Reinforced Metal Matrix Composites with Enhanced Mechanical Properties / S. C. Tjong // Adv. Eng. Mater, 2007, Vol. 9, № 8, 639 - 652.
- 3 Camargo, P. H. C. Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities / P. H. C. Camargo, K. G. Satyanarayana, F. Wypych // Mat. Research, 2009, Vol. 12, № 1, 1 - 39.
- 4 Casati, R. Metal Matrix Composites Reinforced by Nano-Particles - A Review /R. Casati, M. Vedani, Metals, 2014, No. 4, 65 - 83.
- 5 Jingjie Shen, Yanfen Li, Feng Li, Huilong Yang, Zishou Zhao, Sho Kano, Yoshitaka Matsukawa, Yuhki Satoh and Hiroaki Abe, Microstructural characterization and strengthening mechanisms of a 12Cr-ODS steel, Materials Science & Engineering A, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.07.030>
- 6 Durand, A., Sornin, D., Taché, O., Guilbert, T., Brisset, F., Delbes, L., ... & Logé, R. (2023). Stability of untransformed ferrite in 10Cr ODS steel. Journal of Nuclear Materials, 574, 154146. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2022.154146>
- 7 Nowik, K., Zybała, R., & Oksiuta, Z. (2023). Formation and Microstructural Evolution of Ferritic ODS Steel Powders during Mechanical Alloying. Materials, 16(2), 765. <https://doi.org/10.3390/ma16020765>
- 8 Slugen, V., Veternikova, J. S., Degmova, J., Sojak, S., Petriska, M., Noga, P., & Krsjak, V. (2023). Positron annihilation studies of Eurofer97/ODS steels after helium ion implantation. Nuclear Materials and Energy, 101369. <https://doi.org/10.1016/j.nme.2023.101369>
- 9 Peng, S., Lu, Z., Gao, S., & Li, H. (2023). Improved microstructure and mechanical properties of ODS-CoCrFeNiMn high entropy alloys by different Ti, Zr and Y2O3 addition. Journal of Alloys and Compounds, 935, 168166.
- 10 Gupta S. P. Intermetallic compound formation in Fe–Al–Si ternary system: Part I, Materials Characterization, 2003, V. 49, 269-291.
- 11 Gupta S.P. Intermetallic compound formation in Fe–Al–Si ternary system, Materials Characterization, 2003, №49, part 2, 293– 311.
- 12 Hassan S. B., Aponbiede O., Aigbodion V. S. Precipitation hardening characteristics of Al–Si–Fe/SiC particulate composites //Journal of alloys and Compounds. – 2008. – Т. 466. – №. 1-2. – С. 268-272.

Раздел 1. «Металлургия»

В.А. Андреященко

Al-Fe-Si жүйесінің металл керамикалық материалдарын өндірудегі флюстердің әсері

Бұл мақалада флюстердің металл керамикалық материалдар өндірісіне әсері зерттелген. Керамикалық-металл материалы ретінде Al-Fe-Si жүйесі таңдалды. Флюстердің екі тобы қолданылды: AN348 ағыны және керамикалық ағын. Әрбір ағын фракцияларға бөлініп, шихтаны тотығудан толық қорғауға ықпал ететін ең ұтымды фракциялық құрамды анықтау үшін талданды. Қыздыру бақыланатын жағдайларда 915°C температураға дейін қыздырудың әрбір сатысында салмақты өлшей отырып орындалды. Шихта материалын ағындармен жабудың тиімділігі визуалды түрде бағаланды. Термогравиметриялық талдаудың шығыс деректері талданады. Зарядты тотығудан толық қорғауды қамтамасыз ету үшін AN348 ағынын қолданған дұрыс. Кез келген фракцияның керамикалық ағынын пайдалану оксидтердің, соның ішінде ағынның бетінде пайда болуына әкеледі.

Негізгі сөздер: керамикалық-металл материалы, Al-Fe-Si, флюс, керамикалық ағын, термогравиметриялық талдау.

V.A. Andreyachshenko

Influence of fluxes in the production of metal-ceramic materials of the Al-Fe-Si system

In this article, the influence of fluxes in the production of metal-ceramic materials has been studied. The Al-Fe-Si system was chosen as the ceramic-metal material. Two groups of fluxes were used: AN348 flux and ceramic flux. Each flux was divided into fractions and analyzed to identify the most rational fractional composition, which contributes to the complete protection of the charge from oxidation. Heating was performed under controlled conditions to a temperature of 915°C with weight measurement at each stage of heating. The efficiency of charge material coating with fluxes was visually evaluated. The output data of thermogravimetric analysis are analyzed. It is preferable to use the AN348 flux to ensure full protection of the charge from oxidation. The use of ceramic flux of any fraction leads to the formation of oxides, including on the surface of the flux.

Key words: ceramic-metal material, Al-Fe-Si, flux, ceramic flux, thermogravimetric analysis.

References

- 1 Chak V., Chattopadhyay H., Dora T. L. A review on fabrication methods, reinforcements and mechanical properties of aluminum matrix composites //Journal of manufacturing processes, 2020, V. 56, 1059-1074.
- 2 Tjong, S. C. Novel Nanoparticle-Reinforced Metal Matrix Composites with Enhanced Mechanical Properties / S. C. Tjong // Adv. Eng. Mater, 2007, Vol. 9, № 8, 639 - 652.
- 3 Camargo, P. H. C. Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities / P. H. C. Camargo, K. G. Satyanarayana, F. Wypych // Mat. Research, 2009, Vol. 12, № 1, 1 - 39.
- 4 Casati, R. Metal Matrix Composites Reinforced by Nano-Particles - A Review /R. Casati, M. Vedani, Metals, 2014, No. 4, 65 - 83.
- 5 Jingjie Shen, Yanfen Li, Feng Li, Huilong Yang, Zishou Zhao, Sho Kano, Yoshitaka Matsukawa, Yuhki Satoh and Hiroaki Abe, Microstructural characterization and strengthening mechanisms of a 12Cr-ODS steel, Materials Science & Engineering A, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2016.07.030>

Раздел 1. «Металлургия»

6 Durand, A., Sornin, D., Taché, O., Guilbert, T., Brisset, F., Delbes, L., ... & Logé, R. (2023). Stability of untransformed ferrite in 10Cr ODS steel. *Journal of Nuclear Materials*, 574, 154146. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2022.154146>

7 Nowik, K., Zybala, R., & Oksiuta, Z. (2023). Formation and Microstructural Evolution of Ferritic ODS Steel Powders during Mechanical Alloying. *Materials*, 16(2), 765. <https://doi.org/10.3390/ma16020765>

8 Slugen, V., Veternikova, J. S., Degmova, J., Sojak, S., Petriska, M., Noga, P., & Krsjak, V. (2023). Positron annihilation studies of Eurofer97/ODS steels after helium ion implantation. *Nuclear Materials and Energy*, 101369. <https://doi.org/10.1016/j.nme.2023.101369>

9 Peng, S., Lu, Z., Gao, S., & Li, H. (2023). Improved microstructure and mechanical properties of ODS-CoCrFeNiMn high entropy alloys by different Ti, Zr and Y2O3 addition. *Journal of Alloys and Compounds*, 935, 168166.

10 Gupta S. P. Intermetallic compound formation in Fe–Al–Si ternary system: Part I, *Materials Characterization*, 2003, V. 49, 269-291.

11 Gupta S.P. Intermetallic compound formation in Fe–Al–Si ternary system, *Materials Characterization*, 2003, №49, part 2, 293– 311.

12 Hassan S. B., Aponbiede O., Aigbodion V. S. Precipitation hardening characteristics of Al–Si–Fe/SiC particulate composites // *Journal of alloys and Compounds*. – 2008. – Т. 466. – №. 1-2. – С. 268-272.

Раздел 1. «Металлургия»

МРПТИ 53.43.31

A.V. Ivchenko¹, Yu.A. Bublikov²¹*Ukrainian University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine;*²*LLC "Marganets", Dnipro, Ukraine**(E-mail: ivchenkoaleksv@gmail.com)***Production and use of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa from steel with carbonitride hardening**

An analytical review of the production of high-strength reinforcing bars from steel with carbonitride hardening is made, as well as an assessment of the requirements of new regulatory documents for this type of product, where new characteristics of properties are introduced. The main criteria that determine the applicability of rebar in construction are the characteristics of strength and deformability - relative uniform elongation or full relative elongation at maximum load, as well as the ratio of tensile strength to yield strength. The level of these properties is differentiated into three groups, this determines the applicability of reinforcing bars for buildings and structures for critical purposes, depending on climatic and seismic conditions. It has been established that the production of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa from steel with carbonitride hardening significantly increases the consumer properties of the finished product (endurance, cold resistance, seismic resistance, fire resistance and fire safety). The use of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa made of steel with carbonitride hardening provides an increase in the reliability of reinforced concrete structures, buildings and structures, especially during construction in regions with increased seismic activity and large differences in ambient temperatures. Attention is drawn to the fact that carbonitride hardening of steel, vanadium, niobium, molybdenum, etc. leads to a significant increase in the cost of finished products, which is an unprofitable measure for manufacturers of rebar. Such an expensive rental will not be competitive. A more correct and economically justified way is to carry out carbonitride hardening of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa by alloying (modifying) steel with a system of elements - nitrogen, titanium and aluminum.

Key words: carbonitride hardening, rebar, strength class, seismic resistance, consumer properties, fire safety, cold resistance, endurance.

Introduction

In recent years, the production and consumption of rebar for reinforcing reinforced concrete structures has undergone significant changes, there has been a change in the requirements for consumer properties of this product. A large number of plants that use electric remelting and continuous casting of billets have greatly contributed to improving product quality, new regulations have been developed that have significantly increased the requirements for certain characteristics, which in turn determine the reliability of reinforcing bars [1, 2]. The main criteria that determine the reliability of rebar are the characteristics of deformability (relative uniform elongation (δ_p) or total relative elongation at maximum load (δ_{max}), as well as the ratio of tensile strength to yield strength ($\sigma_B/\sigma_{0.2}$). The level of these characteristics is divided into three groups, which determines the applicability of rebar rolling in the construction of buildings and structures for critical purposes, depending on climatic and seismic conditions. But, the ongoing tightening of requirements in the production of building structures poses a difficult task for the metallurgical industry, which is to create innovative steels for mass use. This will ensure the production of products with high consumer properties, namely: strength while maintaining plasticity in a wide temperature range, lowering the temperature threshold of brittleness, fatigue strength under static and dynamic loads, including alternating, corrosion resistance, etc. Ensuring the reliability requirements of reinforced concrete structures that work in extreme conditions is accompanied by a decrease in the metal intensity of production due to savings in materials [3-5].

Раздел 1. «Металлургия»

Method and subject of research

Analytical studies were carried out according to available sources of information in order to justify the use of carbonitride hardening of steel for the production of reinforcing bars using an alloyed system that forms carbonitrides based on nitrogen, titanium and aluminum.

Results and discussion

1. The essence of carbonitride hardening and ways of implementation

The production of metal products of a high strength class without the use of steel alloying processes with substitution elements (Cr, Ni, Mo, etc.), which in turn are expensive, is achieved by implementing the mechanisms of dispersion and grain boundary strengthening. These mechanisms can be implemented by creating excess carbonitride phases during the alloying process of steel with the following elements, which have an increased affinity for carbon and nitrogen. To obtain high mechanical properties and performance characteristics for steel of the ferrite-pearlitic class, these types of steels are additionally alloyed with nitrogen (0.010-0.015%) and elements that form nitrides and carbonitrides. Vanadium, titanium, niobium, etc. act as such elements. In this case, ferrite grain refinement has a decisive influence on the full range of consumer properties of reinforcing bars (class 500-600 MPa), including strength. Ferrite grain refinement is provided by carbonitria, which have a regulating effect on the grain microstructure of the metal. The dispersion and amount of the excess phase is determined by the ratio of the phase-forming elements and the level of their concentrations, as well as the number of temperature regimes of rolling and thermomechanical treatment. Ordinary carbon steel can be microalloyed with titanium and aluminum. In this case, titanium determines the level of nitrogen solubility in the liquid metal and is responsible for the formation of carbonitride inclusions in the melt. Titanium also acts as a regulator of the size of the primary cast grain. Aluminum forms the grain structure of steel during thermomechanical processing of rebar. Also, aluminum nitrides form in solid metal. Along with high requirements for strength characteristics, it is important to increase the level of plastic properties of structural steel; this can only be possible with the introduction of carbonitride hardening technology based on nitrogen, titanium and aluminum.

2. Experience in the production of rebar from steels with carbonitride hardening

At present, rebars of strength class 500 MPa (class A500C, B500C) and 600 MPa (class A600C and B600C) are manufactured using traditional technologies and are delivered to consumers in the following conditions:

- hot-rolled state (without forced cooling after rolling), in thermally hardened state (with forced water cooling after rolling);
- cold-deformed state (rolled wire profiling at room temperature).

3. The level of consumer properties of AP from steels with carbonitride hardening

In modern construction, metal products are used for the construction of buildings and structures for civil and industrial purposes, as well as special objects are built (nuclear power plants, sea berths, high-rise buildings, etc.). At the same time, reinforcing bars with a wide range of high consumer properties are used. This issue is especially relevant during construction in regions with difficult climatic and seismic conditions. Therefore, in the newly developed regulatory documents for reinforcing bars [2], the concept of “an additional set of mechanical (consumer) properties” is specially introduced, which include cold resistance, endurance, seismic resistance, fire resistance and fire safety. In modern construction, increased attention is paid to the study of fire resistance and fire safety of reinforcing bars and regulatory documents are introduced to control and ensure these characteristics [5, 6, 14-16]. In [7], scientific studies were carried out to assess the mechanical and operational properties of A500C and A600C class reinforcing bars made of St3 grade steel, which was subjected to the process of microalloying with vanadium with varying concentration. Conducted tests for fire resistance and fire safety. The results obtained showed that an increase in the vanadium content to 0.11% provides a high level of fire safety up to 630 ° C, which indicates the high reliability of vanadium steel in reinforced concrete structures after fire exposure. Experiments were carried out in which the temperature threshold of fire resistance of the studied samples was determined. Increasing the content of vanadium to 0.11% has a positive effect on the value of the yield strength during tensile tests during thermal exposure. The papers [8-10] present the results of studies of the properties of reinforcing bars made of steel, which was subjected to the process of microalloying with vanadium. To determine additional characteristics, a series of

Раздел 1. «Металлургия»

experiments was carried out for corrosion resistance (class A500K), endurance (class A500U), fire resistance and fire safety (classes A500C and A500E). As a result of scientific research, it was found that reinforcing bar with carbonitride hardening meets the requirements of regulatory documents [2] in terms of mechanical properties to class A500E; reinforcing bars of classes A500K and A500E made of steels St3Gps, St3Gsp and 18G2S meet the requirements of regulatory documents [2] for resistance to corrosion cracking; for steels St3ps and St3Gsp, in terms of resistance to fatigue, repeatedly repeated cyclic loads, it meets the requirements of regulatory documents [2] for class A500U. The obtained scientific results on fire resistance and fire safety made it possible to establish the reliability of reinforcing bars to the effects of sudden heating. The papers [11-13] present the results of scientific research on the evaluation of the properties of An600S class reinforcing bars made of 20G2SFBA steel, which contains vanadium, niobium and molybdenum.

Based on numerous tests, it has been established:

- in terms of impact strength during testing for dynamic bending, the value of the work of destruction of prototypes significantly exceeds the normalized requirements for values even for special frost-resistant steels, in which impact strength at a temperature of -150°C remains at the level of 10 J/cm^2 ;
- unique tensile properties are demonstrated at low temperatures, while ductility is fully preserved;
- tests for endurance and low-cycle fatigue showed the validity of the use of An600C class reinforcing bars under seismic loads;
- when testing on the effect of heating, it was found that the mechanical properties of steel grade 20G2SFBA of the An600S class are retained even after heating to a temperature of 700°C , which is a characteristic of a material with increased fire resistance.

From the conducted analytical study, it can be concluded that the maximum increase in the consumer properties of ordinary steel grades through the use of carbonitride hardening [11].

4. Prospects for the consumption of AP from steels with carbonitride hardening

The presented results of the mechanical properties of reinforcing bars made of steels with carbonitride hardening indicate that carbonitride hardening is a significant way to improve the consumer properties of steel products. Based on the foregoing, in modern construction there is an increase in the consumption of reinforcing bars from steels with carbonitride hardening. When comparing the costs of implementing the process of carbonitride hardening of steel, it should be noted that alloying an ordinary steel grade with vanadium, niobium and molybdenum is an expensive way to improve the mechanical properties of metal products. An alternative way is to harden the steel by additional introduction of nitrogen, titanium and aluminum. The effectiveness of these measures has been proven in other sources [17, 18].

Conclusions

Based on the conducted analytical studies, the following can be concluded:

1. The production of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa from steel with carbonitride hardening significantly increases the consumer properties of finished metal products (endurance, cold resistance, seismic resistance, fire resistance and fire safety).
2. The use of reinforcing bars of strength class 500-600 MPa from steel with carbonitride hardening provides an increase in the reliability of reinforced concrete structures, buildings and structures during construction in regions with increased seismic activity and climatic features in the form of large temperature differences.
3. Carbonitride hardening of steel with vanadium, niobium, molybdenum, etc. leads to a significant increase in the cost of finished metal products, and it can be concluded that such products will not be competitive.
4. The most rational and economically justified method is carbonitride hardening of rebar by modifying steel with nitrogen, titanium and aluminum.

References

- 1 BS 4449:2005. Stal'nye izdeliya dlya armirovaniya betona. Svarivaemyj armaturnyj prokat. Prutki. Motki i vpyrاملennye izdeliya : Tekhnicheskie usloviya // British Standards. 2005. — 36 s.

Раздел 1. «Металлургия»

- 2 GOST 32028-2016. Prokat armaturnyj dlya zhelezobetonnyh konstrukcij. Tekhnicheskie usloviya (mezhgosudarstvennyj standart). – Moskva : Standartinform, – 2017. – 45 s.
- 3 Nikolaou J., Papadimitriou G. D. Microstructures and mechanical properties after heating of reinforcing 500 MPa class weldable steels produced by various processes (Tempcore, microalloyed with vanadium and work-hardened) // Construction and Building Materials (Stroitel'stvo i stroitel'nye materialy). – 2004. – Т. 18. – №. 4. – S. 243-254.
- 4 Kozlov A. V. Ognestojkost' stal'nogo prokata // Prokatnoe proizvodstvo. – 2004. – № 9. – S. 40–47.
- 5 STO 36554501-006-2006. Pravila po obespecheniyu ognestojkosti i ognesohrannosti zhelezobetonnyh konstrukcij. M.: FGUP "NIC "Stroitel'stvo". - 2006. - 78 s.
- 6 Pat. 2175359 RF. MPK C22C 38/12; C22C 38/46; C21C 5/04; C21C 5/28; C21C 7/06. Armaturnaya goryachekatanaya stal' i sposob vyplavki stali dlya ee polucheniya // A.A. Kamenskih, A.A. Karpov, E.A. Vasin i dr.; zayavl. 17.04.2000; opubl. 27.10.2001, Byul. №30.
- 7 Domov D.V. Vliyanie vanadiya na mekhanicheskie i potrebitel'skie svojstva svarivaemoy armaturnoj stali klassov prochnosti A500S i A600S / Domov D.V., Frantov I.I., Seregin A.N. i dr. // Metallurg. 2015. - №10. S. 65-69.
- 8 Hamichonok V.V., Matveev N.G., Mirochnik I.A., CHinokalov E.V. Razrabotka tekhnologii proizvodstva armaturnogo prokata klassa A500 s kompleksom dopolnitel'nyh svojstv po GOST 34028–2016 v usloviyah AO EVRAZ ZSMK // CHernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. 2019. №6. S. 711–717.
- 9 Madatyan S.A. Novaya norma stroitel'nogo rynka // Stroitel'nyj Ezhenedel'nik , 27 08 2012, 33 (525).
- 10 Pat. 2478727RF. MPK S22S 38/12, S21D 8/06. Vysokoprochnyj svarivaemyj armaturnyj profil' / S.A. Madatyan, L.A. Zborovskij, D.E. Klimov i dr.; zayavl. 02.03.2012; opubl. 10.04.2013 Byul. №10.
- 11 Vodovozova G.S., Kopytova N.V., Madatyan S.A., Klimov D.E. Universal'naya armaturnaya stal' klassa An600S marki 20G2SFBA // CHernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii. 2016. №5. S.51-56.
- 12 Ivchenko A.V. Proizvodstvo effektivnyh vidov metalloprodukcii putem holodnoj deformacii zagotovki povyshennoj prochnosti iz ryadovyh marok stalej s karbonitridnym uprochneniem / Ivchenko A.V., Rabinovich A.V., Ambrazhej M.YU. i dr. // Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informacii «CHernaya metallurgiya». –2008. –№10. –S. 50-53.
- 13 Ivchenko A.V. K voprosu o proizvodstve holodnodeformirovannogo armaturnogo prokata iz katanki s karbonitridnym uprochneniem / A.V. Ivchenko, A.V. Rabinovich, M.YU. Ambrazhej i dr. // Metizy. –2010. –№1(22). –S. 50-53.
- 14 Ivchenko A.V. Gul' YU.P., Pankov R.V., Kondratenko P.V. Ognesohrannost' holodnodeformirovannogo armaturnogo prokata klassa V500S // Beton i zhelezobeton v Ukraine. 2015. №5. С. 24-29.
- 15 Kuznecova I.S., Surikov I.N., Vostrov M.S., Savrasov I.P. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svojstv armatury sovremennogo proizvodstva pri vysokotemperaturnom nagreve i ohlazhdenii // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2016. №12. S. 18-23.
- 16 Ivchenko A.V. Ognestojkost' holodnodeformirovannogo armaturnogo prokata klassa V500S / Ivchenko A.V., Gul' YU.P., YAkushev A.S., Kovalenko V.F., Savrasov I.P., Vostrov M.S. // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2017. №1. S. 71-76.
- 17 Bublikov YU.A., Ivchenko A.V. Proizvodstvo metalloprodukcii iz stalej s karbonitridnym uprochneniem / LAMBERT Academic Publishing. Dyussel'dorf. 2020.153 с.
- 18 Ivchenko A.V., Bublikov YU.A. O celesoobraznosti proizvodstva i primeneniya armaturnogo prokata klassa prochnosti 500-600 MPa iz stali s karbonitridnym uprochneniem // Vestnik Karagandinskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta. 2021. №3 (34). S. 28-34.

Раздел 1. «Металлургия»

А.В. Ивченко, Ю.А. Бубликов

Карбонитридті беріктігі бар болаттан жасалған 500-600 МПа беріктік класындағы арматуралық илемді өндіру және қолдану

Карбонитридті нығайтылған болаттан жасалған беріктігі жоғары арматуралық прокат өндірісіне аналитикалық шолу жасалды, сондай-ақ қасиеттердің жаңа сипаттамалары енгізілген өнімнің осы түріне жаңа нормативтік құжаттардың талаптарын бағалау орындалды. Құрылыста арматуралық Илемдеудің қолданылуын анықтайтын негізгі критерийлер беріктік пен деформацияның сипаттамалары болып табылады-максималды жүктеме кезінде салыстырмалы біркелкі ұзарту немесе толық салыстырмалы ұзарту, сондай-ақ уақытша қарсылық пен аққыштық коэффициенті. Бұл қасиеттердің деңгейі үш топқа бөлінеді, бұл климаттық және сейсмикалық жағдайларға байланысты жауапты мақсаттағы ғимараттар мен құрылыстар үшін арматуралық прокаттың қолданылуын анықтайды. Карбонитридті беріктігі бар болаттан жасалған 500-600 МПа беріктік класындағы арматуралық илемдеу өндірісі дайын өнімнің тұтынушылық қасиеттерін (төзімділік, суыққа төзімділік, жер сілкінісіне төзімділік, отқа төзімділік және отқа төзімділік) едәуір арттыратыны анықталды. Карбонитридті беріктігі бар болаттан жасалған 500-600 МПа беріктік класындағы арматуралық илемді қолдану темірбетон конструкцияларының, ғимараттар мен құрылыстардың сенімділігін арттыруды қамтамасыз етеді, әсіресе сейсмикалық белсенділігі жоғары және қоршаған орта температурасының үлкен айырмашылықтары бар аймақтарда құрылыс кезінде. Болаттың, ванадийдің, ниобийдің, молибденнің және т.б. карбонитридті қатаюы дайын өнімнің өзіндік құнының айтарлықтай өсуіне әкелетініне назар аударылады, бұл арматуралық прокат өндірушілері үшін тиімсіз шара болып табылады. Мұндай қымбат жалдау бәсекеге қабілетті болмайды. 500-600 МПа беріктік класындағы арматуралық илемді карбонитридті қатайтуды элементтердің жүйесі - азот, титан және алюминиймен допинг (модификациялау) арқылы жүргізу неғұрлым дұрыс және экономикалық негізделген әдіс болып табылады.

Түйінді сөздер: карбонитридті қатайту, арматуралық илемдеу, беріктік класы, жер сілкінісіне төзімділік, тұтынушылық қасиеттері, отқа төзімділік, суыққа төзімділік, төзімділік.

А.В. Ивченко, Ю.А. Бубликов

Производство и применение арматурного проката класса прочности 500-600 МПа из стали с карбонитридным упрочнением

Сделан аналитический обзор производства арматурного проката повышенной прочности из стали с карбонитридным упрочнением, а также исполнена оценка требований новых нормативных документов к данному виду продукции, где введены новые характеристики свойств. Основными критериями, которые определяют применимость арматурного проката в строительстве, являются характеристики прочности и деформативности - относительное равномерное удлинение или полное относительное удлинение при максимальной нагрузке, а также соотношение временного сопротивления к пределу текучести. Уровень данных свойств, дифференцирован по трем группам, это определяет применимость арматурного проката для зданий и сооружений ответственного назначения в зависимости от климатических и сейсмических условий. Установлено, что производство арматурного проката класса прочности 500-600 МПа из стали с карбонитридным упрочнением значительно повышает потребительские свойства готовой продукции (выносливость, хладостойкость, сейсмостойкость, огнестойкость и огнесохранность). Применение арматурного проката класса прочности 500-600 МПа из стали с

Раздел 1. «Металлургия»

карбонитридным упрочнением обеспечивает увеличение надежности железобетонных конструкций, зданий и сооружений, особенно при строительстве в регионах с повышенной сейсмической активностью и большими перепадами температур окружающей среды. Указано внимание на то, что карбонитридное упрочнение стали, ванадием, ниобием, молибденом и др. приводит к существенному увеличению себестоимости готовой продукции, что является нерентабельным мероприятием для производителей арматурного проката. Такой дорогой прокат будет не конкурентоспособным. Более правильным и экономически обоснованным способом является проводить карбонитридное упрочнение арматурного проката класса прочности 500-600 МПа путём легирования (модифицирования) стали системой элементов - азотом, титаном и алюминием.

Ключевые слова: карбонитридное упрочнение, арматурный прокат, класс прочности, сейсмостойкость, потребительский свойства, огнесохранность, хладостойкость, выносливость.

Литература

- 1 BS 4449:2005. Стальные изделия для армирования бетона. Свариваемый арматурный прокат. Прутки. Мотки и выпрямленные изделия : Технические условия // British Standards. 2005. — 36 с.
- 2 ГОСТ 32028-2016. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия (межгосударственный стандарт). – Москва : Стандартинформ, – 2017. – 45 с.
- 3 Nikolaou J., Papadimitriou G. D. Microstructures and mechanical properties after heating of reinforcing 500 MPa class weldable steels produced by various processes (Tempcore, microalloyed with vanadium and work-hardened) // Construction and Building Materials (Строительство и строительные материалы). – 2004. – Т. 18. – №. 4. – С. 243-254.
- 4 Козлов А. В. Огнестойкость стального проката // Прокатное производство. – 2004. – № 9. – С. 40–47.
- 5 СТО 36554501-006-2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. М.: ФГУП "НИЦ "Строительство". - 2006. - 78 с.
- 6 Пат. 2175359 РФ. МПК С22С 38/12; С22С 38/46; С21С 5/04; С21С 5/28; С21С 7/06. Арматурная горячекатаная сталь и способ выплавки стали для ее получения // А.А. Каменских, А.А. Карпов, Е.А. Васин и др.; заявл. 17.04.2000; опубл. 27.10.2001, Бюл. №30.
- 7 Домов Д.В. Влияние ванадия на механические и потребительские свойства свариваемой арматурной стали классов прочности А500С и А600С / Домов Д.В., Франтов И.И., Серегин А.Н. и др. // *Металлург*. 2015. -№10. С. 65-69.
- 8 Хамичонок В.В., Матвеев Н.Г., Мирочник И.А., Чинокалов Е.В. Разработка технологии производства арматурного проката класса А500 с комплексом дополнительных свойств по ГОСТ 34028–2016 в условиях АО ЕВРАЗ ЗСМК // *Черная металлургия*. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. №6. С. 711–717.
- 9 Мадатян С.А. Новая норма строительного рынка // *Строительный Еженедельник* , 27 08 2012, 33 (525).
- 10 Пат. 2478727РФ. МПК С22С 38/12, С21D 8/06. Высокопрочный свариваемый арматурный профиль / С.А. Мадатян, Л.А. Зборовский, Д.Е. Климов и др.; заявл. 02.03.2012; опубл. 10.04.2013 Бюл. №10.
- 11 Водовозова Г.С., Копытова Н.В., Мадатян С.А., Климов Д.Е. Универсальная арматурная сталь класса А600С марки 20Г2СФБА // *Черная металлургия*. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2016. №5. С.51-56.
- 12 Ивченко А.В. Производство эффективных видов металлопродукции путем холодной деформации заготовки повышенной прочности из рядовых марок сталей с карбонитридным упрочнением / Ивченко А.В., Рабинович А.В., Амбражей М.Ю. и др. // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». –2008. –№10. –С. 50-53.
- 13 Ивченко А.В. К вопросу о производстве холоднодеформированного арматурного проката из катанки с карбонитридным упрочнением / А.В. Ивченко, А.В. Рабинович, М.Ю. Амбражей и др. // *Метизы*. –2010. –№1(22). –С. 50-53.

Раздел 1. «Металлургия»

14 Ивченко А.В., Гуль Ю.П., Панков Р.В., Кондратенко П.В. Огнестойкость холоднодеформированного арматурного проката класса В500С // Бетон и железобетон в Украине. 2015. №5. С. 24-29.

15 Кузнецова И.С., Суриков И.Н., Востров М.С., Саврасов И.П. Исследование физико-механических свойств арматуры современного производства при высокотемпературном нагреве и охлаждении // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №12. С. 18-23.

16 Ивченко А.В. Огнестойкость холоднодеформированного арматурного проката класса В500С / Ивченко А.В., Гуль Ю.П., Якушев А.С., Коваленко В.Ф., Саврасов И.П., Востров М.С. // Metallurgical and Iron and Steel Industry, 2017. №1. С. 71-76.

17 Бубликов Ю.А., Ивченко А.В. Производство металлопродукции из сталей с карбонитридным упрочнением / LAMBERT Academic Publishing. Дюссельдорф. 2020. 153 с.

18 Ивченко А.В., Бубликов Ю.А. О целесообразности производства и применения арматурного проката класса прочности 500-600 МПа из стали с карбонитридным упрочнением // Вестник Карагандинского государственного индустриального университета. 2021. №3 (34). С. 28-34.

Раздел 1. «Металлургия»

УДК 620.17
МРНТИ 55.09.81

А.Е. Ибраева, Н.Ю. Кузьминова

*Карагандинский индустриальный университет, г.Темиртау, Казахстан
(E-mail.ru: a.ibrayeva@ttu.edu.kz)*

Моделирование испытания на кручение

В данной статье рассмотрен способ моделирования испытания металлов на кручение с применением компьютерных технологий. Использование цилиндрического образца в соответствии с ГОСТом, имеет увеличенные сечения определенной формы, которая соответствует форме захватов используемого испытательного оборудования. Качество результатов математического моделирования процессов обработки металлов давлением (ОМД) существенно зависит от точности исходных данных, к числу которых относятся пластические свойства материала заготовки. Система построит график изменения момента кручения от времени. Использование современных методов экспериментальной техники позволило измерить деформацию образца в месте контакта с нагружающими инструментами испытательной машины и использовать формулы для учета сдвига при кручении. Результаты механических испытаний с применением моделирования показали, что погрешность расчета и моделирования, не превышает допустимого.

Ключевые слова: испытание кручением, пластические свойства, математическое моделирование, напряжение, стандартные образцы, DEFORM, сдвиг, модель.

Введение

Кручение является одним из основных видов механических испытаний материалов для определения их прочностных и пластических свойств. Кручением называют деформацию, возникающую при действии на стержень пары сил, расположенной в плоскости, перпендикулярной к его оси. При этом в поперечных сечениях тела возникает только один внутренний силовой фактор – крутящий момент [1].

В инженерной практике на кручение работают валы машин, витые пружины и др. Вращающийся стержень, работающий на кручение, называют валом. Стержень, используемый как упругий элемент, который работает на скручивание, называется торсионом [2].

Действие крутящего момента вызывает в поперечном сечении образца касательные напряжения τ . В силу закона парности касательных напряжений в продольных сечениях, проходящих через ось вала, возникают такие же по величине касательные напряжения.

Основная часть

В элементе материала, мысленно выделенном из наружных слоев бруса сечениями, параллельными и перпендикулярными к образующим, по граням будут действовать только касательные напряжения, т.е. элемент будет находиться в условиях деформации чистого сдвига. В любом наклонном сечении выделенного элемента будут действовать нормальные касательные напряжения. Наибольшие нормальные напряжения действуют на главных площадках, которые, как известно, наклонены под углом 45° к образующей. Из теории чистого сдвига известно, что главные напряжения по абсолютной величине равны между собой и равны касательным напряжениям, т.е. элемент будет находиться в условиях деформации чистого сдвига [3].

Для испытания используются стандартные образцы определенной формы и размеров, регламентированные различными ГОСТами. Обычно в рамках учебного курса применяются

Раздел 1. «Металлургия»

цилиндрические образцы. В данной работе будет использоваться цилиндрический образец с диаметром рабочей части 10 мм и длиной 120 мм в соответствии с ГОСТ 3565-80 (рисунок 1) [4].



Рисунок 1. Стандартный образец для испытания на кручение

С обеих сторон рабочей части образец имеет увеличенные сечения определенной формы, которая соответствует форме захватов используемого испытательного оборудования.

Работа производится в проекционном модуле вьювер (DEFORM Viewer v13.0) (рисунок 2).

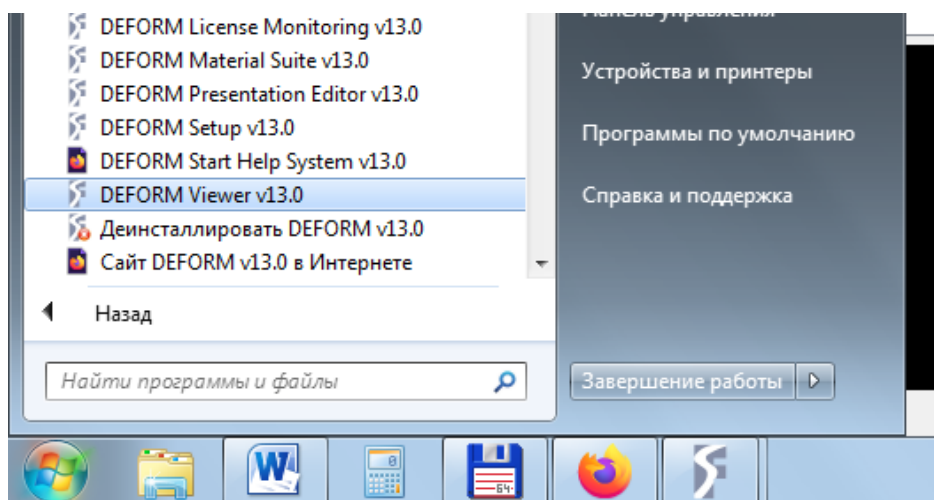


Рисунок 2. Запуск вьювера из меню Пуск

В главном окне при желании можно изменить язык отображения (по умолчанию установлен английский язык). Для этого нужно зайти в Настройки – Конфигурация (рисунок 3). Обязательно убедиться, что в этом окне в графе Единицы установлен параметр «Международные СИ». После изменений программу необходимо перезапустить для активации изменений.

Распаковать скачанный архив и выбрать файл Deform_2plastic.db (рисунок 3). Дважды щелкнув по нему, произойдет загрузка работы.

Раздел 1. «Металлургия»

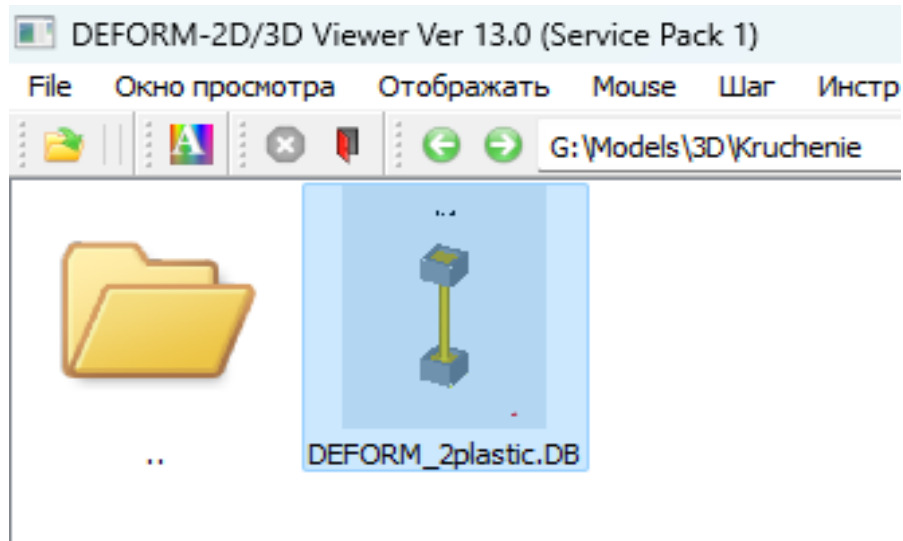


Рисунок 3. Загрузка работы

В открывшемся окне сначала необходимо включить отображение всех шагов модели. Для этого в нижней части экрана (Рисунок 4) вместо команды «Автоматически» нужно выбрать «Все».

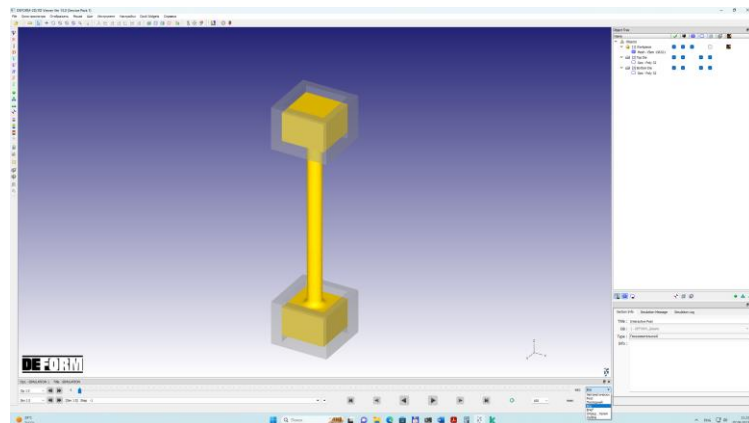


Рисунок 4. Настройка отображения шагов модели

С помощью функциональных кнопок посмотреть процесс испытания на кручение. Внимательно рассмотреть заготовку на последнем шаге после разрушения, шаг 661 (Рисунок 5).

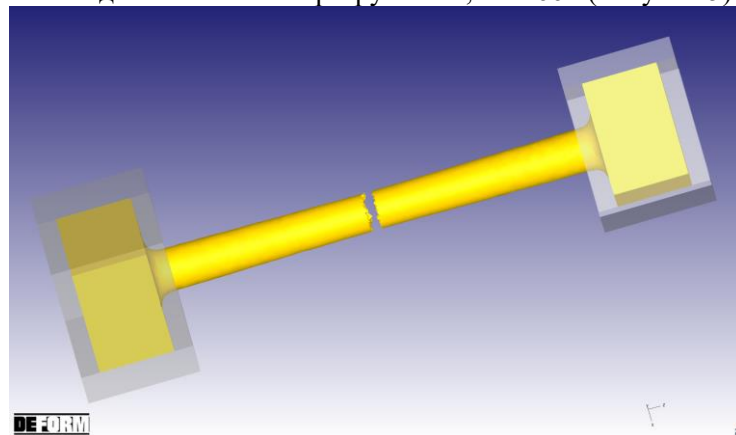


Рисунок 5 – Заготовка после разрушения (661 шаг)

Раздел 1. «Металлургия»

Запустить инструмент создания графиков (иконка с тремя цветными диаграммами). В окошке справа выделить один из бойков (Top Die, Bottom Die), чтобы он был выделен синим цветом. В настройках оси Y выбрать Момент, для оси X – время, единицу измерения – Н*мм и нажать кнопку PLOT. Система построит график изменения момента кручения от времени (Рисунок 6).

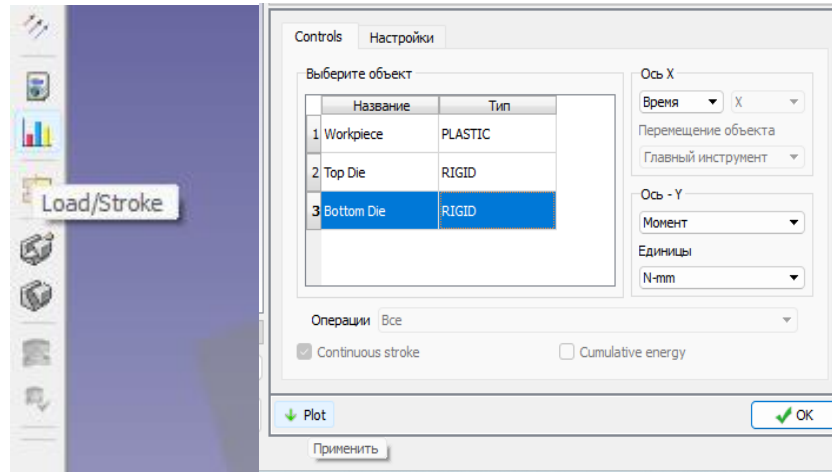


Рисунок 6. Построение для графика изменения момента кручения от времени

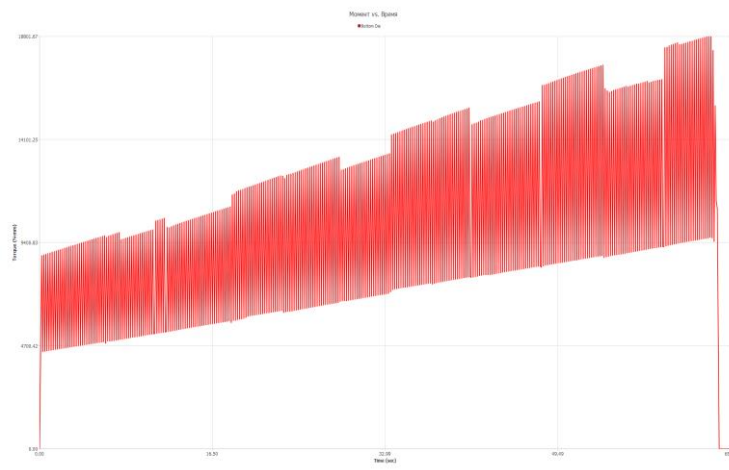


Рисунок 6. Построенный график изменения момента кручения от времени

Результаты и обсуждение

Определяем по графику максимальную величину момента кручения. После чего находим величину условного предела прочности при кручении:

$$\tau = \frac{T}{W}, \quad (1)$$

где T – момент кручения, Н*мм;

$$W = \frac{\pi d^3}{16} - \text{полярный момент сопротивления образца круглого сечения, мм}^3.$$

Сравнить полученное значение со стандартным значением (Рисунок 7) и определить величину погрешности: Погрешность = (расчетное значение*100/справочное значение).

Раздел 1. «Металлургия»

Механические свойства и доступные размеры алюминиевого сплава					
Сплав	Степень твердости	Толщина (мм)	Прочность на растяжение (МПа)		Деформация (%)
			Китайский стандарт	Значение	
1100	O	> 0.2-0.5	75-105	75-110	≥20
		> 0.5-1.0			≥25
		> 1.0-4.5			≥30
	H22	> 0.2-0.5	95-130	100-125	≥10
		> 0.5-1.0			≥12
		> 1.0-4.5			≥15
	H24	> 0.2-0.5	110-145	120-150	≥6
		> 0.5-1.0			≥8
		> 1.0-4.5			≥10
H26	> 0.2-0.5			≥2	
	> 0.5-1.0			≥3	
	> 1.0-4.5			≥4	
H18	> 0.2-0.5	≥150	≥170	≥1	
	> 0.5-1.0			≥2	
	> 1.0-4.5			≥3	
H112	> 4.5-6.5	≥95	≥95	≥9	
	> 6.5-12.5	≥90	≥90	≥8	
	> 12.5-50	≥85	≥85	≥14	
	> 50-80	≥80	≥80	≥20	

Рисунок 7. Стандартные значения предела прочности

Модуль сдвига определяется по формуле:

$$G = \frac{\Delta T \cdot L}{\Delta \varphi \cdot I}, \quad (2)$$

где ΔT – приращение момента кручения, Н·мм;

$\Delta \varphi$ – приращение угла закручивания, рад;

$L=120$ мм – рабочая длина образца;

$I = \frac{\pi d^4}{32}$ – полярный момент инерции образца круглого сечения, мм⁴

Для определения величин приращений момента и угла закручивания необходимо рассмотреть начальный участок графика, где имеется зона пропорциональности. Для этого щелкаем правой кнопкой по графику и выбираем команду Edit Chart Properties. В открывшемся окне переходим во вкладку Диапазон и для оси X выбираем условие Определенный пользователем, установив лимиты Мин – 0, Max – 0,3. В результате на графике будет отображена зона графика для первых 0,3 секунд (Рисунок 8). Наведя курсор на точку излома графика, находим значения приращения момента и соответствующего времени. Умножив величину времени на угловую скорость вращения захватов (0,2 рад/сек), находим величину приращения угла закручивания.

Раздел 1. «Металлургия»

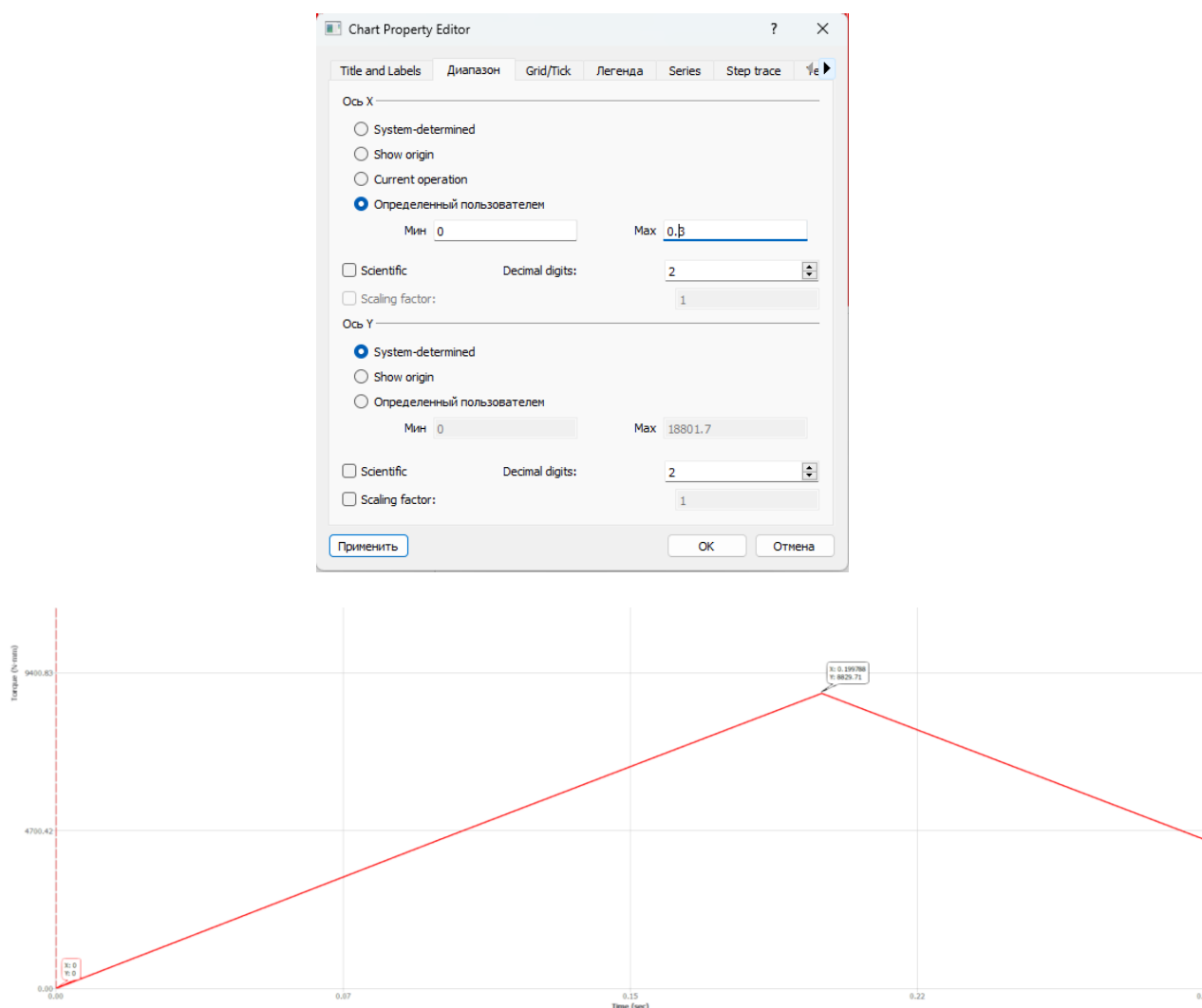


Рисунок 8. Определение предела пропорциональности

Рассчитав значение модуля сдвига по формуле 2, находим теоретическое значение модуля сдвига по формуле:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}, \quad (3)$$

где $E = 0.689 \times 10^5$ МПа – модуль Юнга для используемого в работе сплава 1100;
 $\nu = 0.33$ – коэффициент Пуассона для используемого в работе сплава 1100.

Таким образом результаты моделирования показывают, что погрешность расчета и моделирования, не превышает 3%.

Литература

- 1 Вереина Л.И. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред, проф. образования / Л.И.Вереина. — 10-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2015. — 224 с.
- 2 Кукса, Л.В. Сопротивление материалов (Техническая механика): учебно-практическое пособие : в 2 ч. Ч. 1. — Волгоград : ВолГАСУ, 2014. — 74с
- 3 Щербо, А.Г. Сопротивление материалов : учеб.-метод. комплекс: в 2 ч. / А.Г. Щербо, В.К. Родионов. — Новополюк : ПГУ, 2016. — Ч. 1.— 272 с.

Раздел 1. «Металлургия»

4 ГОСТ 3565-80 - Металлы. Метод испытания на кручение. Государственный комитет СССР по стандартам.- Москва, 1980. – 17 с.

А.Е. Ибраева, Н.Ю. Кузьмина

Бұралу сынағын модельдеу

Бұл мақалада компьютерлік технологияларды қолдана отырып, бұралу үшін металдарды сынауды модельдеу әдісі қарастырылған. МЕМСТ-қа сәйкес цилиндрлік үлгіні пайдалану, қолданылатын сынақ жабдықтарын ұстау формасына сәйкес келетін белгілі бір пішіннің ұлғайтылған қималары бар. Металдарды қысыммен өңдеу (МКӨ) процестерін математикалық модельдеу нәтижелерінің сапасы дайындама материалының пластикалық қасиеттерін қамтитын бастапқы деректердің дәлдігіне айтарлықтай байланысты. Жүйе бұралу моментінің уақыт бойынша өзгеру графигін жасайды. Эксперименттік техниканың заманауи әдістерін қолдану сынақ машинасының жүктеме құралдарымен жанасу орнында үлгінің деформациясын өлшеуге және бұралу кезінде ығысуды есепке алу үшін формулаларды қолдануға мүмкіндік берді. Модельдеуді қолдана отырып, механикалық сынақтардың нәтижелері есептеу мен модельдеудің қателігі рұқсат етілгеннен аспайтынын көрсетті.

Түйін сөздер: бұралу сынағы, пластикалық қасиеттер, математикалық модельдеу, кернеу, стандартты үлгілер, деформация, сдысу, модель.

A.E. Ibraeva, N.Yu. Kuzminova

Simulation of the torsion test

This article describes a method for modeling the torsion testing of metals using computer technology. The use of a cylindrical sample in accordance with GOST, has enlarged sections of a certain shape, which corresponds to the shape of the grips of the test equipment used. The quality of the results of mathematical modeling of metalworking processes by pressure (OMD) significantly depends on the accuracy of the initial data, which include the plastic properties of the workpiece material. The system will plot the torsion moment change from time to time. The use of modern experimental techniques made it possible to measure the deformation of the sample at the point of contact with the loading tools of the test machine and use formulas to account for the torsion shear. The results of mechanical tests using simulation showed that the error of calculation and modeling does not exceed the permissible.

Keywords: torsion test, plastic properties, mathematical modeling, stress, reference samples, DEFORM, shear, model.

References

- 1 Vereina L.I. Tekhnicheskaya mekhanika: uchebnik dlya stud. uchrezhdenij sred, prof. obrazovaniya / L.I.Vereina. — 10-e izd., ster. — M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2015. — 224 s.
- 2 Kuksa, L.V. Soprotivlenie materialov (Tekhnicheskaya mekhanika): uchebno-prakticheskoe posobie : v 2 ch. CH. 1. — Volgograd : VolgGASU, 2014. — 74s
- 3 SHCHerbo, A.G. Soprotivlenie materialov : ucheb.-metod. kompleks: v 2 ch. / A.G. SHCHerbo, V.K. Rodionov. – Novopolock : PGU, 2016. – CH. 1.– 272 s.
- 4 GOST 3565-80 - Metally. Metod ispytaniya na kruchenie. Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam.- Moskva, 1980. – 17 s.

Раздел 2

Информационно-коммуникационные технологии

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

УДК 658.56
 МРНТИ 20.15.05

V.A. Kunaev, A.B. Bekish, A.D. Taisagatov

*Karaganda industrial university, Temirtau, Kazakhstan
 (E-mail: kunaev91@list.ru)*

Analytical review of the software (PLM systems) used for the product lifecycle management

The article defines the main purposes of PLM systems, offers a set of functional capabilities for their objective comparison. An analytical review of the software used for product lifecycle management was performed. The following PLM systems were considered: Siemens Teamcenter, Autodesk Fusion Lifesplan, Oracle Agile, Aras PLM, Omnify Empower, Upchain PLM, PTC Windchill, SAP PLM, QA Wolf, TESTMO, Testsigma, BugBug, ClickUP. The most important functions of each software were highlighted. Based on a comparative evaluation of the software, the most multifunctional PLM systems are determined, recommendations on the choice of software for solving specific tasks of product lifecycle management are described.

Key words: PLM system, product lifecycle management, software, quality management, specification management, project management.

Introduction

PLM-system is an application software for product lifecycle management (PLM) [1]. PLM technologies combine methods and means of information support of product throughout all stages of its life cycle. A characteristic feature is the provision of interaction between automation tools of different manufacturers and various automated systems of many enterprises [1].

The main purposes of the PLM systems implementation are:

- improving employee productivity;
- reduction of production preparation time;
- improving product quality and customer satisfaction;
- cost reduction;
- support of the intellectual property of the enterprise;
- provision of ERP systems data;
- ensuring compliance of the enterprise with the requirements of ISO 9000.

Methods and materials

To achieve the implementation aims listed above, PLM systems can have the following functions:

- management of data and information about the product: about its configuration and environment (content & context);
- management of the design sequence (design chain);
- document management (of all necessary types and formats);
- requirements management;
- product line management, product portfolio and project management;
- asset management;
- operational information management (data collection after product sale);
- program and project management;
- visualization and collaboration;

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- management of component suppliers;
- production management;
- development of product descriptions;
- product analysis, validation and simulation;
- development of technical descriptions (instructions, manuals, etc.) [1].

The listed functionality was used as a basis for comparing PLM systems from different vendors (Figure 1).

Siemens Teamcenter [2]

The screenshot shows the Siemens Teamcenter website with a focus on PLM software. It features a dark blue header with the Siemens logo and navigation links. The main content area highlights 'Teamcenter PLM software' with a 'Contact Sales' button.

Autodesk Fusion Lifesplan [3]

The screenshot displays the Autodesk Fusion Lifesplan website. The header includes 'AUTODESK FUSION LIFESPAN' and various navigation options. The main section is titled 'Product Development Accelerated' and lists benefits like 'Eliminate bottlenecks', 'Take control of change', and 'Stay on 1'.

Oracle Agile [4]

The screenshot shows the Oracle Agile website. The header has 'Oracle Agile' and navigation links. The main content area is titled 'Oracle Product Lifecycle Management (PLM)' and describes the software's capabilities in accelerating product development.

Aras PLM [5]

The screenshot displays the Aras PLM website. The header features the Aras logo and navigation links. The main section is titled 'Systems Thinking' and emphasizes 'The best approach for managing the lifecycle of a complex system'.

Upchain PLM [6]

The screenshot shows the Upchain PLM website. The header includes 'upchain' and navigation links. The main content area is titled 'Simplify product development cloud-based PLM Software' and highlights 'Cloud Product Lifecycle Management (PLM) software'.

PTC Windchill [6]

The screenshot displays the PTC Windchill website. The header has 'ptc' and navigation links. The main section is titled 'Windchill PLM Software' and describes the software's value in accelerating product development.

SAP PLM [7]

The screenshot shows the SAP PLM website. The header includes the SAP logo and navigation links. The main content area is titled 'Product Lifecycle Management (PLM)' and focuses on 'Design quality products faster and improve profit margins'.

QA Wolf [8]

The screenshot displays the QA Wolf website. The header has 'QA Wolf' and navigation links. The main section is titled 'All tests' and shows a list of test groups and individual tests.

TESTMO [9]

The screenshot shows the TESTMO website. The header includes 'testmo' and navigation links. The main content area is titled 'Runs & results' and displays a dashboard with various metrics and charts.

Testsigma [10]

The screenshot displays the Testsigma website. The header has 'Testsigma' and navigation links. The main section is titled 'LATEST RUNS' and shows a detailed view of test results and schedules.

BugBug [11]

The screenshot shows the BugBug website. The header includes 'BugBug' and navigation links. The main content area is titled 'Sign up with validation' and shows a registration form with various fields and options.

ClickUP [12]

The screenshot displays the ClickUP website. The header has 'ClickUP' and navigation links. The main section is titled 'Release Project' and shows a project management dashboard with various tasks and milestones.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Figure 1. PLM systems from different vendors

The following PLM systems were selected for the analytical review (Figure 1):

- Arena PLM;
- Siemens Teamcenter;
- Autodesk Fusion Lifespan;
- Oracle Agile;
- Aras PLM;
- Omnify Empower;
- Upchain PLM;
- PTC Windchill;
- SAP PLM;
- PROPEL PLM;
- QA Wolf;
- Testmo;
- Testsigma;
- BugBug;
- ClickUp.

Results and discussion

Below are the main features of the software presented in this review.

1. Arena PLM

Arena PLM combines information about products, people and processes into a single corporate platform to accelerate product design and development using cloud-based software that can be used anytime and from anywhere [13].

Software features:

- management of engineering changes, specifications and documents;
- cooperation with suppliers;
- requirements management;
- compliance management (FDA, ISO, ITAR, EAR and environmental regulations)
- quality control.

2. Siemens Teamcenter

Siemens Teamcenter serves a variety of industries, including the aerospace and defense industries, medical device manufacturing, pharmaceuticals, etc. [14].

Software Features:

- integration with NX CAD;
- management of specifications (lists of materials) and document flow;
- management of electrical and mechanical design;
- change management and workflow;
- management of materials, data, life cycle, processes;
- support for visualization, digital layout [14].

3. Autodesk fusion lifespan

Autodesk Fusion Lifespan is a product lifecycle management platform that helps in creating and automating procedures, maintaining the workflow [13].

Software features:

- Quality management and cooperation with suppliers;
- version, revision and release management;
- product data management (PDM);
- setting up and managing the bill of materials (BOM);
- access to all important data in real time;

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- graphical dashboards for quick interpretation;
- change management tool for tracking all versions of the product design.

4. Oracle Agile

Oracle Agile is a product lifecycle management tool that helps manage product value chains, as well as develop and launch new products. It also integrates with computer-aided design (CAD) systems to manage elements, parts, products, documents, requirements, technical change orders and work-flows. The software supports the following key functions:

- innovation management;
- product development management;
- portfolio management;
- cost management;
- product master data management;
- simulation configurator;
- working with a closed cycle of quality management [4].

5. Aras PLM

Aras PLM is an open source product lifecycle management software system. Thanks to this, the user can adapt it to meet their specific needs. Even if the code is changed, system updates are available.

Key features of Aras PLM:

- document management, requirements and specifications;
- self-reporting;
- configuration management;
- project engineering;
- planning of the production process;
- automatic and bidirectional data synchronization;
- assessment and quality management [1].

6. Omnify Empower

Omnify Software offers a scalable and adaptable product lifecycle management system. Omnify Empower has the ability to deploy the system locally or in the cloud.

Main features of Omnify Empower:

- opportunities for quality management, changes, problems and compliance;
- document and item management capabilities;
- specification management;
- ability to import and export data from current business applications using the system integration function;
- availability of various training tools, such as official documents, seminars, webinars and live demonstrations [1].

7. Upchain PLM

Upchain PLM is a cloud-based PLM system that allows small and medium-sized enterprises to jointly engage in design, production, and maintenance throughout the value chain[1].

The most important functions of Upchain PLM are:

- specification management;
- using Microsoft Office plugins;
- change management;
- view CAD files in 3D/2D;
- flexible project management;
- built-in workflow management;
- collaboration on a single project management panel.

8. PTC Windchill

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

PTC Windchill is a PLM software that helps to distribute, transmit, publish, exchange information in real time and visualize product data.

Some key solutions implemented in PTC Windchill:

- data visualization;
- CAD & MCAD models;
- cost estimation and analysis;
- outsourcing and project management;
- data management of multiple systems;
- augmented reality (AR) and 3D visualization;
- monitoring of the "Always On" system based on the Internet of Things;
- tools for converting the list of materials;

One of its most unique features of PTC Windchill is the ability to customize the user interface. Customizing the user interface includes the placement of frequently used modules in the upper part of the working window for quick access [4].

9. PROPEL PLM

PROPEL PLM is a software that helps users optimize and collect information about a new product. PROPEL PLM encourages collaboration at the company level by offering a variety of ways to communicate, discuss product differences, and develop model plans. The software allows groups of companies to create reliable databases and custom tools for monitoring and storing data. As a tool designed for every employee of the company, PROPEL PLM even has a mobile version that employees can download as an application [3].

10. SAP PLM

SAP PLM software provides comprehensive support for all operations related to the product. Here is a list of some of its main functions:

- product development management;
- approval of the project plan;
- task and problem management;
- control of project documentation;
- project portfolio management;
- management of commercial projects;
- calculation and modeling of the product cost;
- requirements collection and management;
- joint work on products and visualization of the enterprise.

Features such as optimizing project proposals, progress, tasks, and deadlines allow you to track all data from one place. The function of calculating the cost of a product in real time helps to determine costs, target price and profitability. SAP PLM also supports interdisciplinary product development that integrates all relevant data on mechanical, electrical and electronic structures. The software also supports built-in analytics for status reports, automated key processes, a shared workspace, a three-dimensional viewer, and much more.

11. QA Wolf

QA Wolf is a multifunctional system that helps production teams with multiple branches to control and bring their products to market readiness faster. QA Wolf offers many features such as online testing, automatic documentation, trigger systems, document storage and step-by-step guides that allow teams to prepare their product from anywhere [3].

The main functions of QA Wolf:

- generation of Javascript code based on the actions of the tester on the site;
- - ability to run parallel tests in Netlify or Vercel deployments;
- integration with Slack, Vercel and GitHub;
- ability to re-run certain lines of code;
- logs and videos for documentation of failures after failed tests;
- integration into the CI/CD process;

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- automation of test planning, activity tracking;
- data import and export, flexible reports, analytics and data visualization in real time;
- Unicode compatibility.

12. Testmo

Testmo is a unified software with which user can manage all the activities of the IT team for quality control and testing. Testmo allows to configure and scale the management of test cases, supports research testing and session management. The software integrates with a variety of automation and reporting tools.

The main functions of the software:

- management of test suites and test cases;
- control of research testing, taking notes;
- full integration with Jira, GitHub, GitLab, Jenkins, Bitbucket and other tools;
- integration with test automation tools, CI/CD pipeline, DevOps tools;
- flexible reporting system, wide selection of metrics, real-time updating of dashboards and graphs;
- high level of customization with the ability to create processes and artifacts in the required format;
- scalability for different team sizes [2].

13. Testsigma

Testsigma is a cloud-based testing automation platform that allows Agile teams to simplify and speed up quality control of web applications, mobile applications and APIs without configuration and framework [2].

Features of Testsigma:

- personalization of dashboards for each role;
- quick access to the results of the last run and to the list of recent actions;
- a single platform for managing testing of web applications, Android Web, Android Native, iOS Web, iOS Native applications and web services;
- user management;
- creation of specialized artifacts, for example, categories of requirements, types and priorities of test suites;
- one-click test management and migration;
- planning of tests and their parallel passage;
- customizable dynamic and context-sensitive reports;
- automatic error reporting;
- integration with Jenkins, Circle CI, Jira, YouTrack, Slack, Browserstack, etc.

The PLM systems presented in the analytical review were compared by the functions performed. The results of the comparative assessment are presented in table 1. In this table, the "+" sign indicates that the software supports this function, and the "-" sign indicates that it does not.

Table 1. Comparison of the PLM system by the performed functions

Functions	Software												
	Arena PLM	Siemens Teamcenter	Autodesk Fusion Lifespan	Oracle Agile	Aras PLM	Omnify Empower	Upchain PLM	PTC Windchill	Propel PLM	SAP PLM	QA Wolf	Testmo	Testsigma
Specifications management	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Documents management	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Requirements management	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+
Projects management	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
Portfolio management	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Data visualization	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Visualization	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Cost management	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Quality management	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Test Management	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+

Based on the results of the analysis of the supported functions, a histogram is developed (Figure 2), clearly demonstrating the number of the main, most important functions supported by each PLM system.

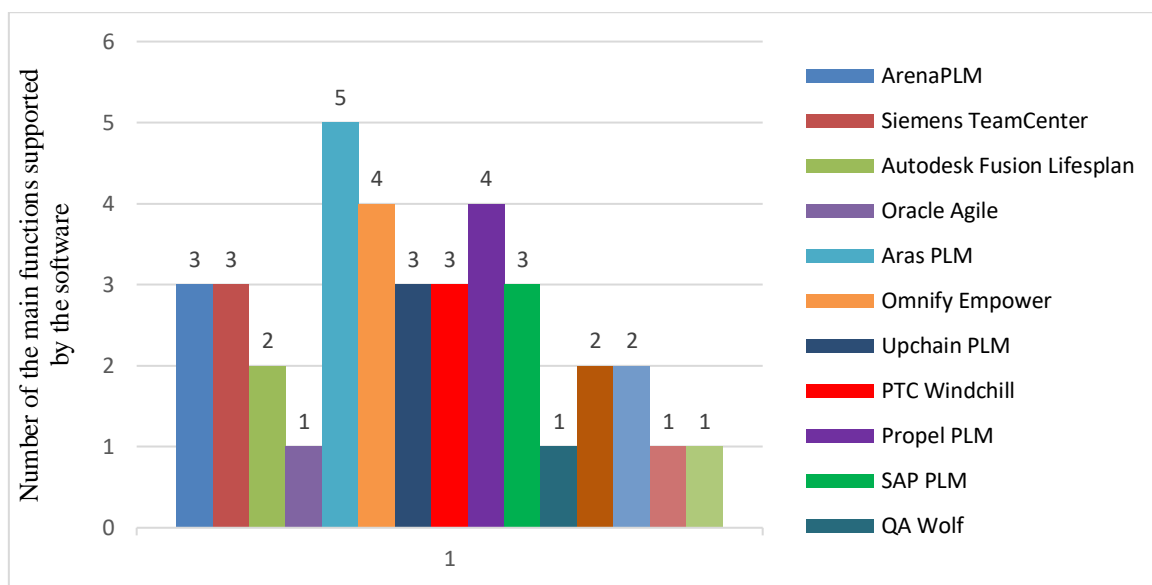


Figure 2. Number of functions supported by the software

Conclusions

Based on the results of the literature review of existing software for product lifecycle management, the main tasks of PLM systems are identified, a set of functionality for comparing PLM systems is proposed. The comparative evaluation of existing PLM systems by the functions performed allowed us to determine the most multi-functional software for lifecycle management (Aras PLM). The advantage of Aras PLM also lies in the open source of this software. Thanks to this, the user can adapt this PLM system to solve specific tasks. At the same time, it is necessary to understand that this assessment is purely informational in nature. The choice of a PLM system should be based on the specific life cycle management tasks being solved at the enterprise.

References

1 PLM системы (Системы управления жизненным циклом продукции) [Electronic resource]. – Access mode: <https://kazgisa.kz/plm-sistemy-sistemy-upravleniya-zhiznennym-cziklom-produkczii/?ysclid=likryr0ni120622788> (Date of request:05.06.2023).
 2 Siemens Teamcenter [Electronic resource]. – Access mode: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/> (Date of request:05.06.2023).

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- 3 Autodesk Fusion Lifesplan [Electronic resource]. – Access mode: <https://forums.autodesk.com/t5/fusion-360-support/lifetime-simulation/td-p/8693073> (Date of request:05.06.2023).
- 4 Oracle Agile [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.oracle.com/scm/product-lifecycle-management/> (Date of request:05.06.2023).
- 5 Aras PLM [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.aras.com/en> (Date of request:05.06.2023).
- 6 PTC Windchill [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ptc.com/en/products/windchill> (Date of request:05.06.2023).
- 7 SAP PLM [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.sap.com/cis/products/scm/plm-r-d-engineering.html> (Date of request:05.06.2023).
- 8 QA Wolf: [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.qawolf.com> (Date of request:05.06.2023).
- 9 TESTMO [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.testmo.com> (Date of request:05.06.2023).
- 10 Testsigma [Electronic resource]. – Access mode: <https://testsigma.com> (Date of request:05.06.2023).
- 11 BugBug [Electronic resource]. – Access mode: <https://bugbug.io> (Date of request:05.06.2023).
- 12 ClickUP [Electronic resource]. – Access mode: <https://clickup.com> (Date of request:05.06.2023).
- 13 Программное обеспечение PLM: обзоры и сравнения лучшего программного обеспечения для управления жизненным циклом продукта. [Electronic resource]. – Access mode: <https://businessyield.com/ru/business-branding/plm-software/> (Date of request:05.06.2023).
- 14 7 лучших программ PLM. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.affde.com/ru/best-plm-software.html> (Date of request:05.06.2023).

В.А. Кунаев, А.Б. Бекіш, А.Д. Тайсагатов

Өнімнің өмірлік циклін басқару үшін қолданылатын бағдарламалық жасақтамаға (PLM жүйелеріне) аналитикалық шолу

Мақалада PLM жүйелерінің негізгі міндеттері анықталған, оларды объективті салыстыру үшін функционалдық мүмкіндіктер кешені ұсынылған. Өнімнің өмірлік циклін басқару үшін қолданылатын бағдарламалық жасақтамаға аналитикалық шолу жасалды. Келесі PLM жүйелері қарастырылды: Siemens Teamcenter, Autodesk Fusion Lifesplan, Oracle Agile, Aras PLM, Omnify Empower, Upchain PLM, PTC Windchill, SAP PLM, QA Wolf, TESTMO, Testsigma, BugBug, ClickUP. Әр бағдарламалық жасақтаманың маңызды функциялары. Салыстырмалы бағалау негізінде ең көп функционалды PLM жүйелері орнатылды, өнімнің өмірлік циклін басқарудың нақты міндеттерін шешу үшін бағдарламалық жасақтаманы таңдау бойынша ұсыныстар сипатталды.

Кілт сөздер: PLM жүйесі, product lifecycle management, бағдарламалық қамтамасыз ету, сапа менеджменті, спецификацияны басқару, жобаны басқару.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

В.А. Кунаев, А.Б. Бекіш, А.Д. Тайсагатов

Аналитический обзор программного обеспечения (PLM-систем), используемого для управления жизненным циклом продукции

В статье определены основные задачи PLM-систем, предложен комплекс функциональных возможностей для их объективного сравнения. Выполнен аналитический обзор программного обеспечения, используемого для управления жизненным циклом продукции. Были рассмотрены следующие PLM системы: Siemens Teamcenter, Autodesk Fusion Lifesplan, Oracle Agile, Aras PLM, Omnify Empower, Upchain PLM, PTC Windchill, SAP PLM, QA Wolf, TESTMO, Testsigma, BugBug, ClickUP. Выделены наиболее важные функции каждого программного обеспечения. На основании сравнительной оценки ПО установлены наиболее многофункциональные PLM-системы, описаны рекомендации по выбору программного обеспечения для решения конкретных задач по управлению жизненным циклом продукции.

Ключевые слова: PLM-система, product lifecycle management, программное обеспечение, управление качеством, управление спецификациями, управление проектами.

References

- 1 PLM sistemy (Sistemy upravleniya zhiznennym ciklom produkci) [Electronic resource]. – Access mode: <https://kazgisa.kz/plm-sistemy-sistemy-upravleniya-zhiznennym-cziklom-produkczi/?ysclid=liikryr0ni120622788> (Date of request:05.06.2023).
- 2 Siemens Teamcenter [Electronic resource]. – Access mode: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/> (Date of request:05.06.2023).
- 3 Autodesk Fusion Lifesplan [Electronic resource]. – Access mode: <https://forums.autodesk.com/t5/fusion-360-support/lifetime-simulation/td-p/8693073> (Date of request:05.06.2023).
- 4 Oracle Agile [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.oracle.com/scm/product-lifecycle-management/> (Date of request:05.06.2023).
- 5 Aras PLM [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.aras.com/en> (Date of request:05.06.2023).
- 6 PTC Windchill [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ptc.com/en/products/windchill> (Date of request:05.06.2023).
- 7 SAP PLM [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.sap.com/cis/products/scm/plm-r-d-engineering.html> (Date of request:05.06.2023).
- 8 QA Wolf: [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.qawolf.com> (Date of request:05.06.2023).
- 9 TESTMO [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.testmo.com> (Date of request:05.06.2023).
- 10 Testsigma [Electronic resource]. – Access mode: <https://testsigma.com> (Date of request:05.06.2023).
- 11 BugBug [Electronic resource]. – Access mode: <https://bugbug.io> (Date of request:05.06.2023).
- 12 ClickUP [Electronic resource]. – Access mode: <https://clickup.com> (Date of request:05.06.2023).
- 13 Programmnoe obespechenie PLM: obzory i sravneniya luchshego programmnoego obespecheniya dlya upravleniya zhiznennym ciklom produkta. [Electronic resource]. – Access mode: <https://businessyield.com/ru/business-branding/plm-software/> (Date of request:05.06.2023).
- 14 7 luchshih programm PLM. [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.affde.com/ru/best-plm-software.html> (Date of request:05.06.2023).

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

МРНТИ 45.03.07

Е.В. Кунтуш¹, Т.И. Сиверская¹*¹Карагандинский индустриальный университет, г.Темиртау, Казахстан
(E-mail: ye.kuntush@ttu.edu.kz)***Имплементация резонанса напряжений электрической цепи посредством прикладных программ MATLAB и Electronics Workbench**

В статье рассматривается применение различных видов электрических резонансов в технике и промышленности. Приведены достоинства и недостатки. Особое внимание уделено резонансу напряжений. Рассмотрены схема, условие и признаки резонанса. Приведены основные уравнения. Приведены виды программных продуктов для моделирования технических систем. Для дальнейшего использования выбраны две программы: MATLAB и Electronics Workbench. В этих программах собраны схемы резонансного контура с одинаковыми параметрами. Показаны имитационные схемы и результаты моделирования.

Ключевые слова: резонанс напряжений, электротехника, моделирование, цепь, ток, программа, виртуальная лабораторная работа, MATLAB, Electronics Workbench.

Введение

Под резонансом в общем случае понимают такое состояние электрической цепи, когда ток и напряжение совпадают по фазе, а эквивалентная схема цепи представляет собой только активное сопротивление [1].

Возможны два вида резонанса: резонанс напряжений при последовательном соединении индуктивности и емкости, резонанс токов при параллельном соединении индуктивности и емкости. Режим резонанса может быть получен при изменении частоты питающего напряжения или изменением параметров индуктивности и емкости [2].

Явление резонанса напряжений используют в электрических фильтрах разного рода, например в фильтрах высокой или низкой частоты, полосовых или резекторных фильтрах [3].

Схема резонансного контура необходима для настройки работы телевизора, емкостного генератора, сварочного аппарата, радиоприемника, её применяет технология «согласование» антенн телевидения, где нужно выбрать узкий диапазон частот некоторых используемых волн. [4].

Резонанс даже использует эстетическая медицина (микротоковая терапия), и биорезонансная диагностика. [4].

Основное применение резонанса токов в радиотехнике — создание большого сопротивления для тока определенной частоты в ламповых генераторах и усилителях высокой частоты. [3].

В электротехнике резонанс токов используется с целью достижения высокого коэффициента мощности нагрузок, обладающих значительными индуктивными и емкостными составляющими. Например, установки компенсации реактивной мощности представляют собой конденсаторы, подключаемые параллельно обмоткам асинхронных двигателей и трансформаторов, работающих под нагрузкой ниже номинальной. [3].

Резонансные явления используют в устройствах, предназначенных для умножения и преобразования частоты. Получение ряда высокочастотных колебаний стабильной частоты связано с техническими трудностями. Поэтому иногда генерируют импульсы специальной формы, при разложении которых в ряд Фурье значительную роль играют высшие гармоники, а затем выделяют нужные гармоники при помощи фильтров, состоящих из резонансных контуров. В электротехнике

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

широко применяются устройства, в которых резонансные явления используются для стабилизации напряжения, регулирования частоты генераторов и других целей. [1, 2].

Электрический резонансный трансформатор, который был разработан Николой Теслой в конце XIX века, является ярким примером практического применения резонанса в электрических цепях. На сегодняшний день высоковольтные резонансные трансформаторы применяют для генерации высокого напряжения и частоты переменного тока. Если простые трансформаторы используют для передачи энергии с первичной на вторичную катушку, то резонансные - для хранения электрической энергии во временном режиме [5].

Наибольшее применение явления резонанса находят в радиопередающей аппаратуре. Но есть у этих явлений и недостатки.

Резонанс напряжений в электротехнике всегда является желательным явлением, так как он может вызывать перенапряжения и выход из строя электронных компонентов, измерительных приборов и другого электрооборудования. [3].

Вред резонансные явления могут нанести, например, на кабельных линиях. Кабель представляет собой линию с распределенными параметрами (индуктивностью и емкостью). И, если на длинную линию подать напряжение в режиме холостого хода (без нагрузки), то может возникнуть резонанс, который может привести к пробое изоляции.

Резонанс напряжения – интересное электротехническое явление, которое будет рассмотрено и смоделировано далее в различных пакетах прикладных программ.

Методы и материалы

Далее рассмотрим резонанс напряжений.

Резонанс напряжений возникает при последовательном соединении элементов (рисунок 1).

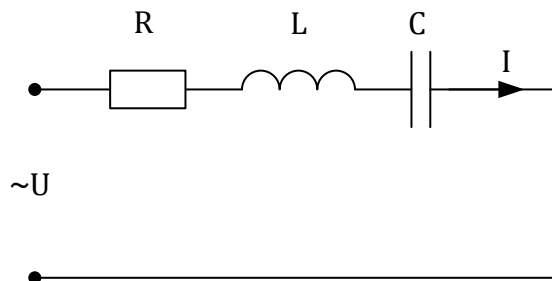


Рисунок 1. Схема резонанса напряжений

Условием резонанса напряжений является равенство реактивных сопротивлений схемы [1, 2]:

$$|x_L| = |x_C|$$

где x_L – индуктивное сопротивление, Ом;

x_C – емкостное сопротивление, Ом.

$$x_L = j\omega L$$

$$x_C = -j \frac{1}{\omega C}$$

Из условия резонанса имеем резонансную частоту

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

$$w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Ток при резонансе

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}} = \frac{U}{R} \rightarrow \max$$

Признак наступления резонанса в этом режиме – максимальное значение тока в данной цепи. Ток имеет активный характер.

Следовательно, угол между входным напряжением и током в цепи

$$\varphi = \arctg\left(\frac{x}{R}\right) = \arctg\left(\frac{x_L - x_C}{R}\right) = \arctg\left(\frac{0}{R}\right) = 0$$

Напряжение на емкости при резонансе равно напряжению на индуктивности. Особенность этого вида резонанса заключается в том, что напряжения на катушке и на конденсаторе по абсолютной величине равны друг другу и могут значительно превышать напряжение источника, питающего цепь.

Результаты и обсуждение

В настоящее время известно много программных продуктов для математического моделирования технических систем.

В учебном процессе могут использоваться программы, которые условно можно разделить на три типа [6]:

- специализированные математические комплексы для научных и инженерно-технических расчетов (Mathcad, MatLab, Maple, MuPAD, GNU Octave, Scilab, Maxima и др.);
- программы для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических полей методом конечных элементов (ANSYS, EL CUT, Femlab, FEMM, FlexPDE и др.);
- программы для моделирования процессов в электрических цепях и сетях (NI Multisim, Simulink, Electronics Workbench, LabView, EMTP-RV, ATP-EMTP, MicroTran, RTDS Simulator, PSCAD-EMTDC и др.).

Существенно облегчить последовательное усвоение сложного материала позволяет использование информационных технологий в учебном процессе. Сюда следует отнести использование таких пакетов прикладных программ, как Matlab и Electronics Workbench (EWB) [7].

Эти программы моделирования электрических цепей представляют виртуальные лаборатории, включающие обширные библиотеки электронных компонентов. Они дают возможность студентам проверить, насколько имитационные модели резонанса напряжений, собранные в различных пакетах моделирования, соответствуют параметрам цепей лабораторных установок кафедры Энергетика.

Работа с этими программами удобна, поскольку они представляют собой конструктор, с помощью которого из стандартных библиотечных блоков собирается структурная схема. В библиотеке выбирают нужный элемент, который затем переносят на схему [8].

Далее рассмотрим резонанс напряжений, выполненный в программах MATLAB и Electronics Workbench.

Числовые значения параметров имитационных схем соответствуют параметрам стенда ЭВ4ПС, находящихся в аудиториях 116 и 118 кафедры Энергетика главного корпуса КГИУ.

Рассмотрим на примере использования MATLAB Simulink выполнение схемы последовательного соединения элементов для исследования резонанса напряжений [9]. Модель цепи представлена на рисунке 2.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

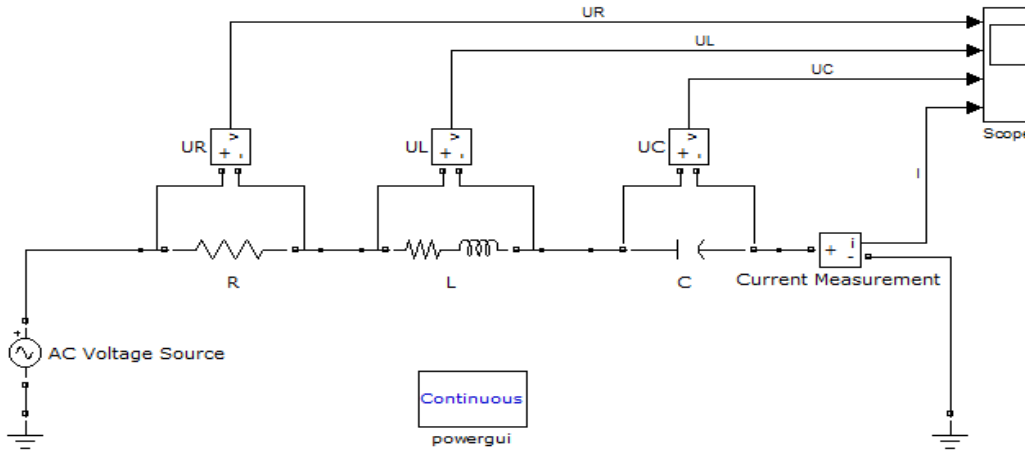


Рисунок 2 - Модель исследования RLC-цепи переменного тока

Окно блока графического интерфейса пользователя (powergui) показано на рисунке 3. При включенном флажке Measurement в поле блока показаны измеряемые величины. В нем представлены значения действующих напряжений и тока, а также начальные фазы этих величин для схемы последовательного соединения элементов.

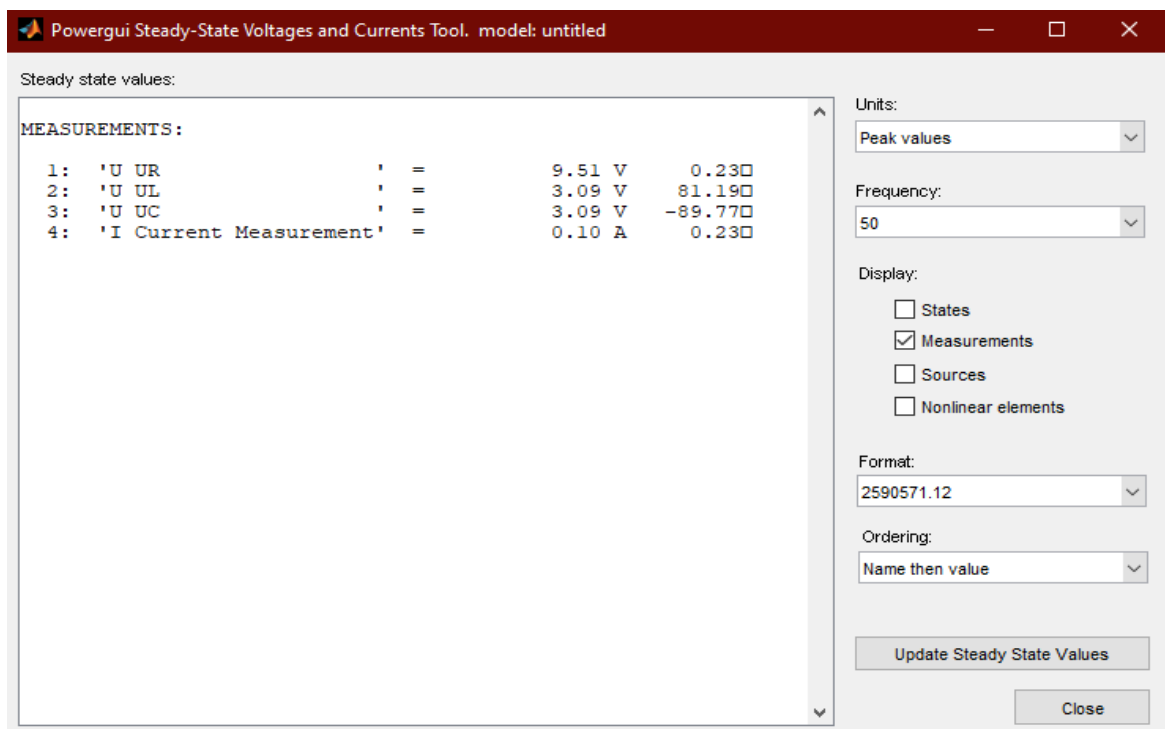


Рисунок 3. Окно блока графического интерфейса пользователя (powergui)

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

На рисунке 4 приведены графики исследуемых величин

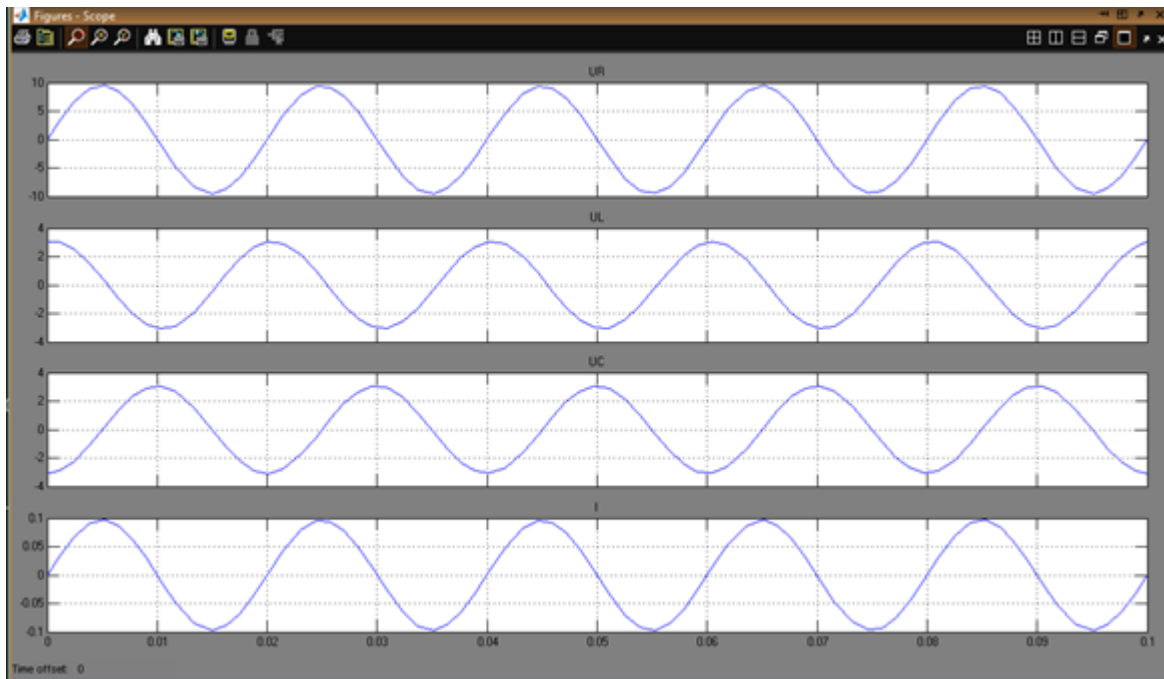


Рисунок 4. Графики исследуемых величин

На рисунке 5 приведена схема резонанса напряжений, собранная в программе Electronics Workbench с аналогичными параметрами [10, 11].

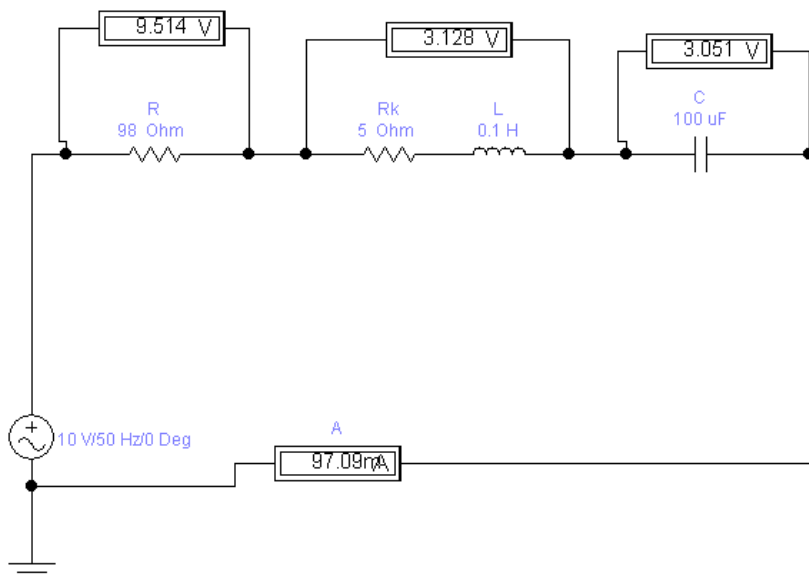


Рисунок 5. Схема последовательного резонансного контура
Выводы

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Проведенные исследования показали, что полученные результаты в программах MATLAB и Electronics Workbench коррелируются со значениями, полученными при проведении опытов на физическом стенде.

Приведенные на рисунках 3 и 5 значения напряжений на емкостном и индуктивном сопротивлениях равны между собой и в рассмотренных программах с погрешностью, допустимой для инженерных расчетов.

Дальнейшее использование программ моделирования MATLAB и Electronics Workbench позволяет выполнять виртуальные лабораторные работы, не имея возможности использования физических установок. Поскольку в этих программах можно визуализировать электротехнические процессы, это позволяет студентам лучше понять и усвоить материал при изучении специальных дисциплин.

Применение виртуальных лабораторных работ в учебном процессе позволяет расширить спектр выполняемых задач, помогает студентам моделировать и создавать имитационные схемы электрических цепей, различные режимы их работы, исследовать их характеристики и анализировать полученные результаты.

Список литературы

- 1 Аполлонский С.М., Виноградов А.Л. Теоретические основы электротехники. - М.: КноРус, 2019. - 352 с.
- 2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 701 с.
- 3 Применение резонанса напряжений и резонанса токов [Электронный ресурс]: ElectricalSchool.info - образовательный проект на тему электричества и его использования – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/1860-primenenie-rezonansa-naprjazhenij-i.html>
- 4 Особенности резонанса токов [Электронный ресурс]: Electroinfo.net онлайн журнал – Режим доступа: <https://electroinfo.net/raznoe/osobennosti-rezonansa-tokov-rezonans-peremennogo-jelektricheskogo-toka.html>
- 5 Резонанс в электрической цепи [Электронный ресурс]: Справочник VS – Режим доступа: https://spravochnikvs.com/rezonans_v_elektricheskoy_cepi
- 6 В.Н. Селиванов. Использование программы расчета электромагнитных переходных процессов АТР-ЕМТР в учебном процессе// Вестник МГТУ. - 2009. – Т.12, №1. - С.107-112.
- 7 Регада О. Н. Расчет и моделирование электрических цепей. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 170 с.
- 8 Карпов А.В., Калабанов С.А., Шагиев Р.И. Современные программные средства структурно-функционального и схмотехнического моделирования. – Казань: Казан. ун-т, 2013. – 36 с.
- 9 Лурье М.С., Лурье О.М. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. - Красноярск: СибГТУ, 2006.- 208 с.
- 10 Бладыко Ю.В. Практические занятия в электронной лаборатории. Учебно-методическое пособие в 3 ч. — Минск: БНТУ, 2015. — 74 с.
- 11 Захаров Н.Г., Субботин Н.В., Казанков А.А. и др. Схмотехника аналоговых электронных устройств. Методические указания к лабораторным работам. - Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 30 с.

Е.В. Кунтуш, Т.И. Сиверская

MATLAB және Electronics Workbench қолданбалы бағдарламалары арқылы электр тізбегінің кернеу резонансын жүзеге асыру

Мақалада техника мен өнеркәсіпте электрлік резонанстардың әртүрлі түрлерін қолдану қарастырылады. Артықшылықтары мен кемшіліктері берілген. Кернеу резонансына

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

ерекше назар аударылады. Резонанстың схемасы, жағдайы және белгілері қарастырылады. Негізгі теңдеулер берілген. Техникалық жүйелерді модельдеуге арналған бағдарламалық өнімдердің түрлері келтірілген. Әрі қарай пайдалану үшін екі бағдарлама тандалды: MATLAB және Electronics Workbench. Бұл бағдарламаларда бірдей параметрлері бар резонанстық контур схемалары жинақталған. Модельдеу схемалары мен модельдеу нәтижелері көрсетілген.

Түйін сөздер: кернеу резонансы, электр техникасы, модельдеу, схема, ток, бағдарлама, виртуалды зертхана, MATLAB, Electronics Workbench

Ye.V. Kuntush, T.I. Siverskaya

Implementation of electrical circuit voltage resonance using MATLAB and Electronics Workbench applications

The article discusses the use of various types of electrical resonances in technology and industry. Advantages and disadvantages are given. Particular attention is paid to stress resonance. The scheme, condition and signs of resonance are considered. Basic equations are given. The types of software products for modeling technical systems are given. Two programs were chosen for further use: MATLAB and Electronics Workbench. In these programs, resonant circuit circuits with the same parameters are assembled. Simulation schemes and simulation results are shown.

Keywords: voltage resonance, electrical engineering, simulation, circuit, current, program, virtual lab, MATLAB, Electronics Workbench

References

- 1 Apollonskii S.M., Vinogradov A.L. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. - M.: KnoRus, 2019. - 352 с.
- 2 Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. Elektricheskie tsepi. - Lyubertsy: Yurait, 2016. - 701 с.
- 3 Primenenie rezonansa napryazhenii i rezonansa tokov [Elektronnyi resurs]: ElectricalSchool.info - obrazovatelnyi proekt na temu elektrichestva i ego ispolzovaniya – Rezhim dostupa: <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/1860-primenenie-rezonansa-naprjazhenij-i.html>
- 4 Osobennosti rezonansa tokov [Elektronnyi resurs]: Electroinfo.net onlain zhurnal – Rezhim dostupa: <https://electroinfo.net/raznoe/osobennosti-rezonansa-tokov-rezonans-peremennogo-jelektricheskogo-toka.html>
- 5 Rezonans v elektricheskoi tsepi [Elektronnyi resurs]: Spravochnik VS – Rezhim dostupa: https://spravochnikvs.com/rezonans_v_elektricheskoi_tsepi
- 6 V.N. Selivanov. Ispolzovanie programmy rascheta elektromagnitnykh perekhodnykh protsessov ATP-EMTP v uchebnoy protsesse// Vestnik MGTU. - 2009. – T.12, №1. - S.107-112.
- 7 Regeda O. N. Raschet i modelirovanie elektricheskikh tsepei. – Penza: Izd-vo PGU, 2013. – 170 s.
- 8 Karpov A.V., Kalabanov S.A., Shagiev R.I. Sovremennye programmnye sredstva strukturno-funktsionalnogo i skhemotekhnicheskogo modelirovaniya. – Kazan: Kazan. un-t, 2013. – 36 s.
- 9 Lure M.S., Lure O.M. Primenenie programmy MATLAB pri izuchenii kursa elektrotehniki. - Krasnoyarsk: SibGTU, 2006.- 208 s.
- 10 Bladyko Yu.V. Prakticheskie zanyatiya v elektronnoi laboratorii. Uchebno-metodicheskoe posobie v 3 ch. — Minsk: BNTU, 2015. — 74 s.
- 11 Zakharov N.G., Subbotin N.V., Kazankov A.A. i dr. Skhemotekhnika analogovykh elektronnykh ustroystv. Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam. - Ulyanovsk: UIGTU, 2014. – 30 s.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

МРНТИ 50.01.75

У.У. Умбетов, В.В. Яворский, А.О. Чванова

¹*Карагандинский индустриальный университет, г.Темуртау, Казахстан
(E-mail.ru: uumbetov@mail.ru)*

Принятие решений для гибких технологических процессов с использованием информационно-аналитических систем

Работа посвящена изучению вопроса принятия решений в условиях гибких производственных систем. Основной целью принятия решений в ГПС является оптимизация производственных процессов с учетом ограничений и достижение поставленных целей, таких как повышение эффективности, снижение затрат, сокращение времени производства и повышение качества продукции. Развитие и организация транспортных потоков в гибких производственных системах являются сложной комплексной задачей. Предлагается организация информационно-аналитической системы, которая позволяет прогнозировать и оптимизировать объемы транспортных потоков между узловыми точками заданной транспортной сети, решать задачи маршрутизации транспортных потоков, эффективно распределять материальные ресурсы для обеспечения обслуживания транспортных потоков. В результате была сформулирована смысловая постановка и разработан алгоритм моделирования параметрического анализа решений для транспортной задачи ГПС. На основе метода расширения и моделирования нестационарных параметров был предложен алгоритм решения транспортной задачи с дополнительными условиями при воздействии случайных возмущений. Кроме того, была разработана общая структура информационно-аналитической системы принятия решений в ГПС для железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: моделирование, гибкие производственные системы, случайные величины, алгоритмы, принятие решений

Введение

Гибкие производственные системы (ГПС), которые в настоящее время широко внедряются в различные производства, кардинально повышают производительность труда и объемы производства продукции, расширяют ее номенклатуру за счет сокращения времени обновления моделей машин и механизмов. Высокая степень автоматизации в ГПС сокращает количество рабочих, занятых в производстве, и улучшает условия труда. ГПС включает основное и вспомогательное технологическое оборудование, автоматизированные транспортно-накопительные системы, робототехнологические комплексы, средства вычислительной техники [1].

Организация и управление транспортными потоками ГПС, представляет собой сложную комплексную проблему. По мере возрастания сложности транспортных сетей, которое сопровождается возрастанием роли проблем обеспечения их надежности, растет интерес к ним как к объекту исследования. Проблемы совершенствования системы управления ГПС, методов подготовки и принятия решений, формирование целей и критериев, сбора и обработки информации для транспортных систем чрезвычайно сложны. Особое значение приобретает совершенствование системы управления на базе экономико-математических методов, имитационного моделирования и системного анализа. Исследуемая система может одновременно содержать элементы непрерывного и дискретного характера, быть подверженной влиянию многочисленных случайных факторов и описываться весьма громоздкими соотношениями.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Материалы и методы

Транспортная система ГПС представляет собой совокупность транспортных средств, коммуникационной среды, загрузочных и разгрузочных пунктов, подразделения анализа, планирования и управления процессами доставки объектов транспортировки. Одно из важных условий оптимальной эксплуатации транспортной системы заключается в эффективном регулировании транспортных потоков.

В данной работе рассматриваются вопросы анализа транспортных систем с применением метода имитационного моделирования ГПС. Можно отметить общие характерные компоненты имитационного подхода, такие как структура системы, модель и правила имитации. Если же рассматривать каждую задачу отдельно, то предлагается исследование различных типов моделей (линейная, нелинейная, дискретная, динамическая и т.д.) в зависимости от специфики задачи или же наличие одной модели и возможность изучения реакции системы или ее участников при изменении целевой функции, условий ограничений или параметров системы, носящих случайный характер.

Сформулируем основные задачи предлагаемой информационно-аналитической системы принятия решений в ГПС [2]:

- 1) выполнение прогнозных расчетов по объемам транспортных потоков между узловыми точками заданной транспортной сети;
- 2) решение задач маршрутизации транспортных потоков;
- 3) оптимизация транспортных потоков;
- 4) распределение материальных ресурсов для обеспечения процессов обслуживания транспортных потоков;
- 5) моделирование случайных факторов для параметрического анализа решений транспортных задач;
- 6) анализ полученных решений и корректировка исходных параметров транспортных задач ГПС.

Для реализации указанных задач разработана Информационно-аналитической системы принятия решений (ИНАПР) в ГПС, структура которой приведена на рисунке 1.

Блок “Решение транспортных задач” предназначен для решения задачи оптимизации транспортных потоков в виде различных детерминированных транспортных задач: ТЗ с нарушенным балансом, ТЗ с промежуточными пунктами, сетевых транспортных задач, ТЗ по критерию времени. Для решения транспортных задач с нарушенным балансом используются методы линейного программирования, метод потенциалов [3]. Сетевая транспортная задача решается методом Дейксты и Беллмана-Форда путем нахождения кратчайших расстояний и маршрутов между заданными пунктами отправления и потребления [4].

Для стохастических задач предусмотрен блок “Моделирование случайных параметров”, в котором реализуются алгоритмы моделирования различных случайных факторов от простого события до случайных процессов и потоков, который рассмотрен ниже более подробно.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

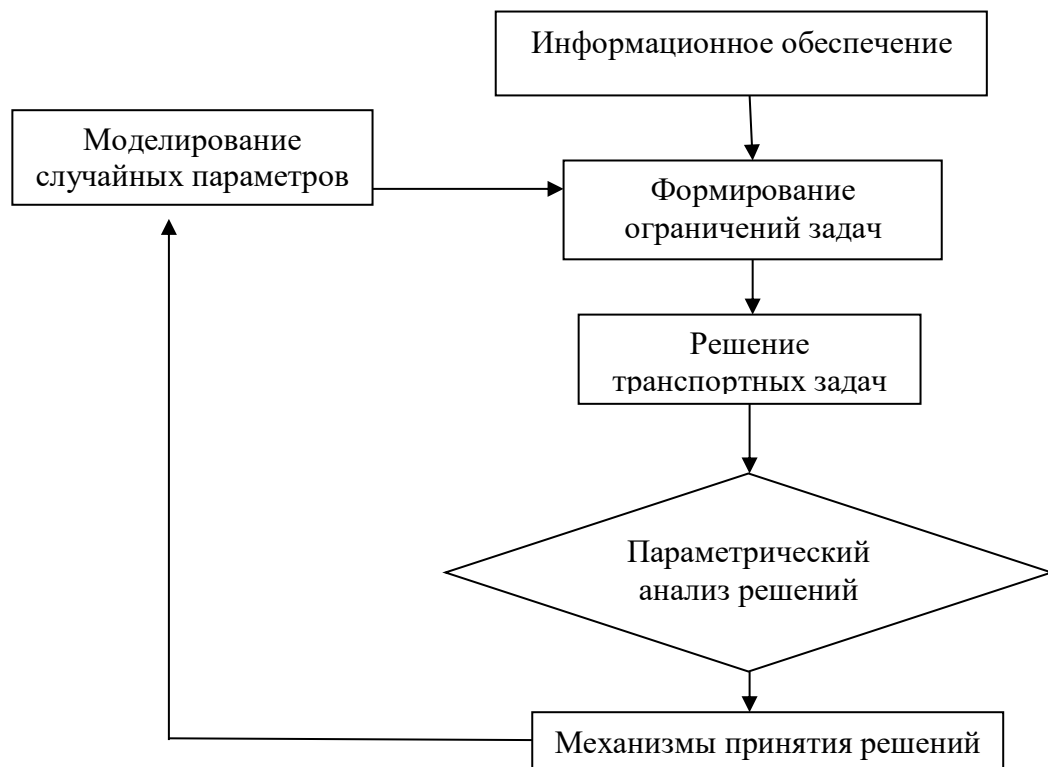


Рисунок 1 – Функциональная структура системы ИНАПР

При построении моделирующего алгоритма (рисунок 2) в качестве блока «Ввод исходных данных» используются параметры случайных величин с заданными законами распределения.

В блоке «Выбор случайных закономерностей» происходит формирование случайных процессов, потоков, событий и величин с заданными законами распределения, имитирующие реальные характеристики перевозочных процессов.

С помощью операторов 4-12 происходит моделирование случайных событий. В зависимости от типа события выбирается один из алгоритмов моделирования случайного события. Моделирование случайных величин предусмотрено в операторах 13-40, а именно операторами 13-31 моделируются непрерывные случайные величины, а операторами 32-40 – дискретные. Моделирование стандартных теоретических распределений осуществляется операторами 22-31 и 35-40. Операторами 41-47 осуществляется имитация случайных процессов, наиболее приближенных к реальным. Операторы 48-56 моделируют случайные потоки событий.

Вывод результатов обеспечивается оператором 58. Результаты могут быть представлены как в графической, так и табличной форме.

Для моделирования Марковских процессов и случайных потоков используется подсистема «Моделирование случайных процессов и потоков», данная подсистема позволит моделировать случайные события, представляющие собой: простейший поток, поток Эрланга, а также неординарный поток событий.

Разработан пакет прикладных программ «Имитация». При загрузке программного пакета на экран дисплея будет выведена форма, предлагающая выбрать режим работы с системой моделирования

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Результаты и обсуждение

Рассмотрим модель транспортной задачи ГПС с ограничениями по пропускной способности и количеству перевозимой продукции:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\underline{d}_{ij} \leq x_{ij} \leq \overline{d}_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Применительно к данной задаче, нас может интересовать вопрос о том, в каких пределах можно изменять коэффициенты стоимости c_{ij} , прежде чем оптимальное решение перестанет быть таковым, и насколько можно изменить коэффициенты, характеризующие запасы пунктов отправления или потребности пунктов потребления, прежде чем решение перестанет быть допустимым.

Также в данной задаче нас может интересовать вопрос о том, в каких пределах можно изменять пропускную способность:

$$1) \quad x_{ij} \leq \overline{d}_{ij} + t, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t \in [\alpha, \beta], \quad (5)$$

$$2) \quad x_{ij} \leq \overline{d}_{ij} - t, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t \in [\alpha, \beta], \quad (6)$$

$$3) \quad x_{ij} \geq \underline{d}_{ij} + t, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t \in [\alpha, \beta], \quad (7)$$

$$4) \quad x_{ij} \geq \underline{d}_{ij} - t, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}, \quad t \in [\alpha, \beta], \quad (8)$$

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

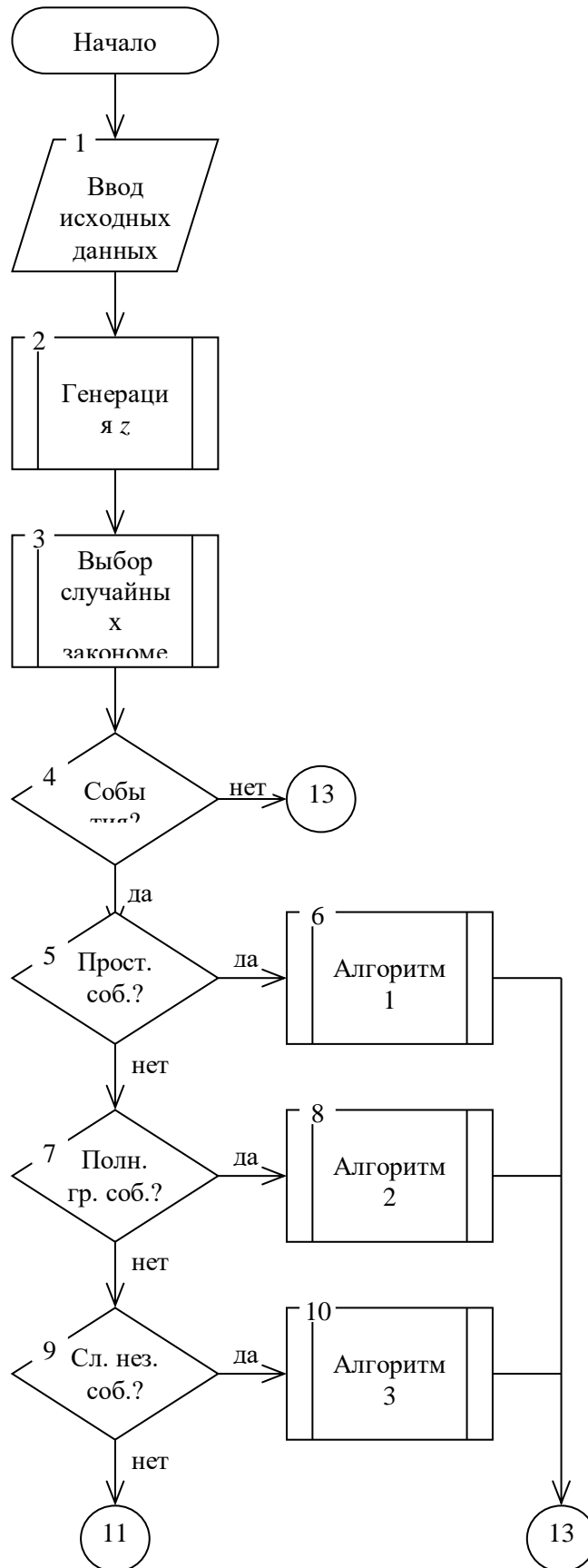


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма моделирования случайных закономерностей, лист 1

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

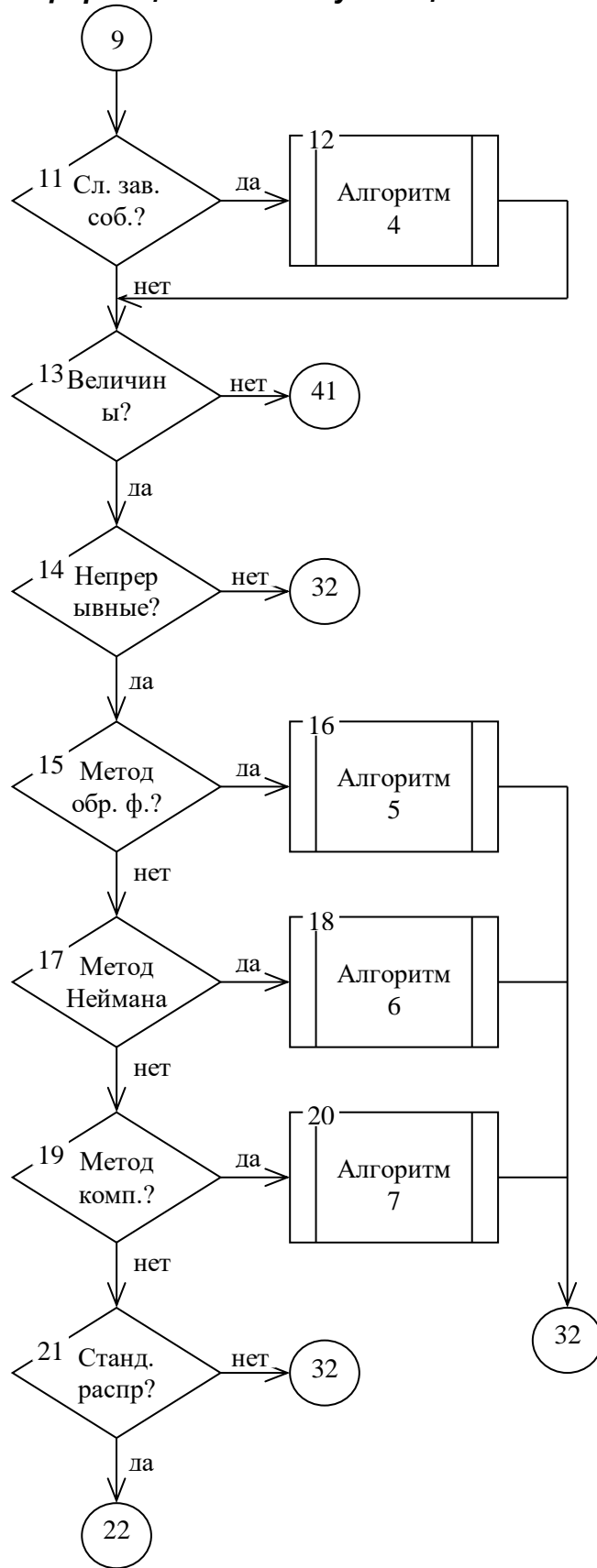


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма моделирования случайных закономерностей, лист 2

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

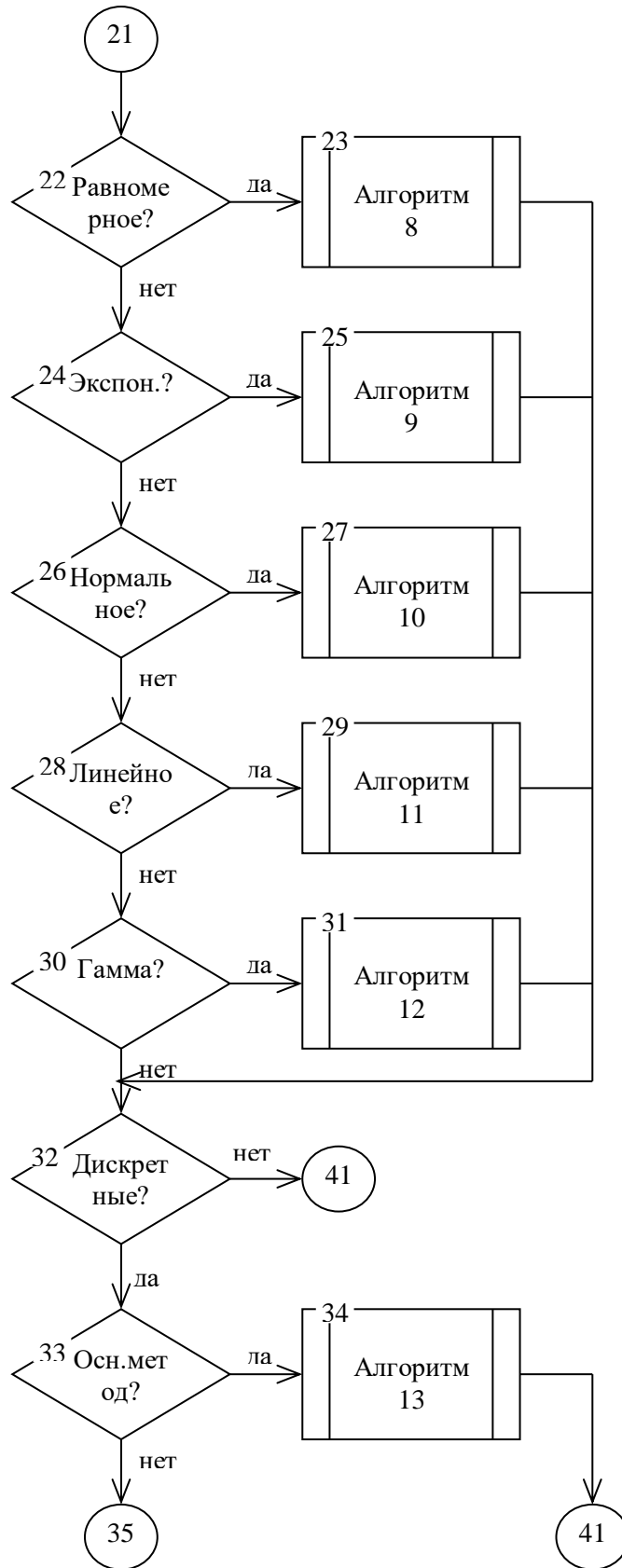


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма моделирования случайных закономерностей, лист 3

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

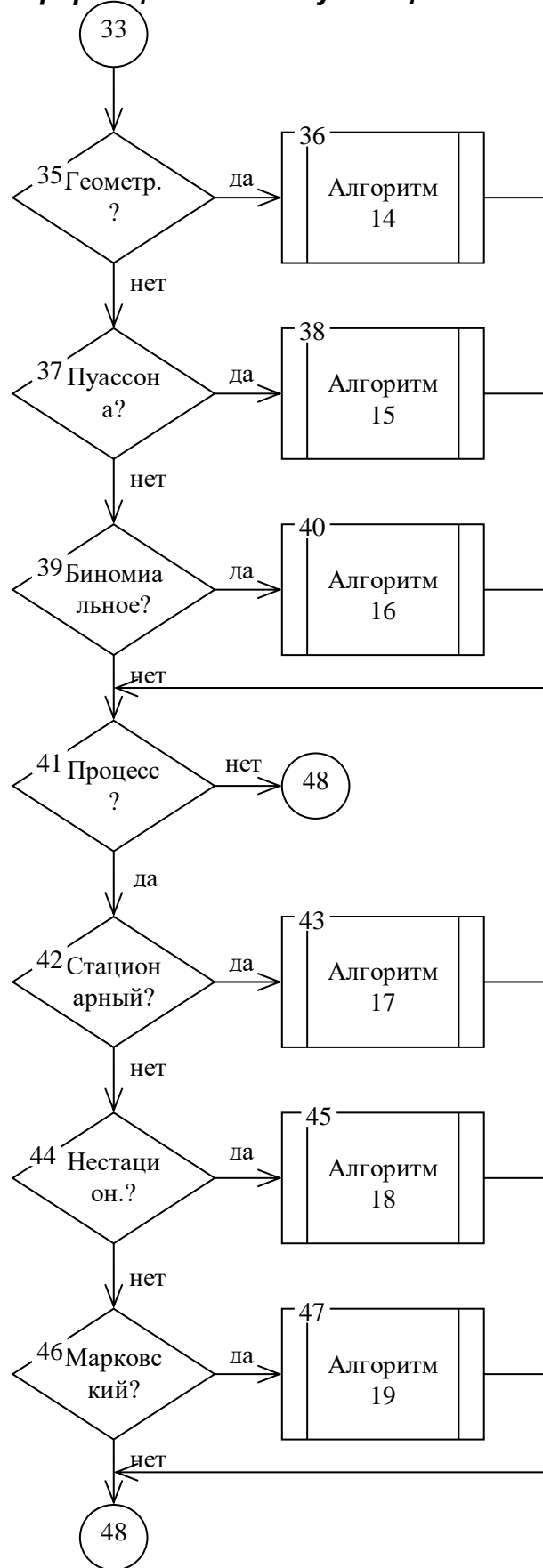


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма моделирования случайных закономерностей, лист 4

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

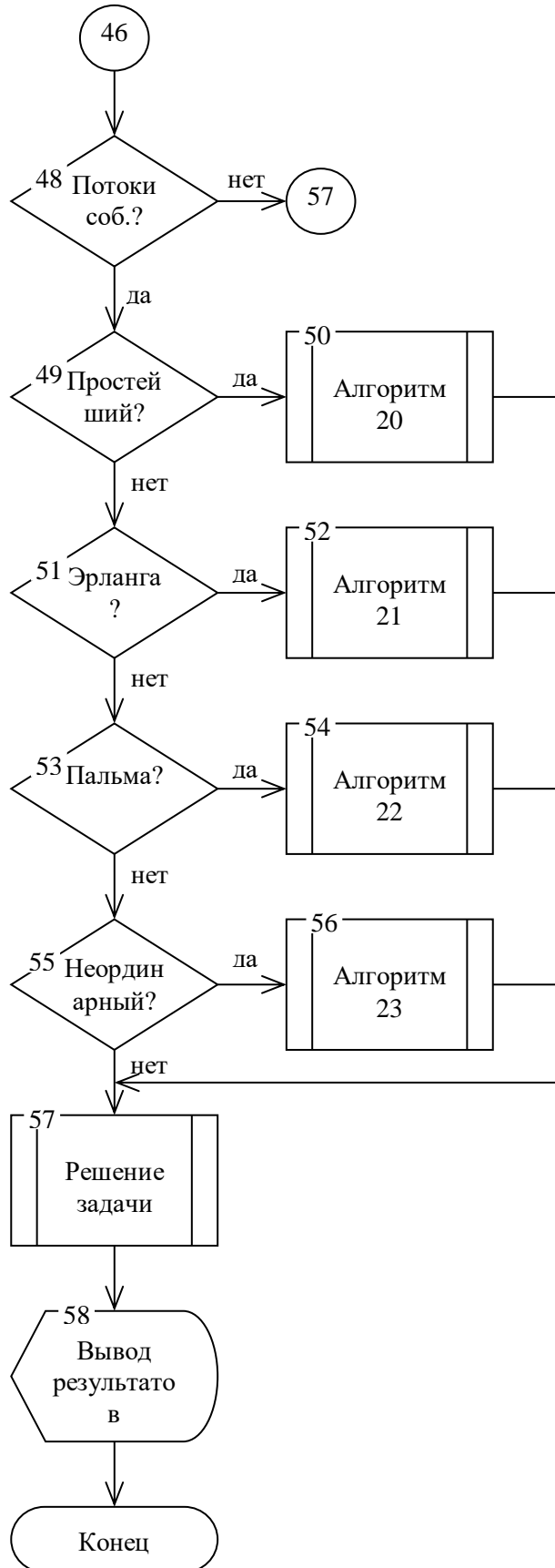


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма моделирования случайных закономерностей, лист 5

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Таким образом, алгоритм параметрического анализа решений транспортной задачи с заданными ограничениями выглядит следующим образом:

Шаг 1. Параметру t дают фиксированное значение, например $t = \alpha$. Решая эту задачу одним из методов, приведенных выше, находят значение, в которой z_t достигает минимума.

Шаг 2. Определяют интервал изменений параметра t , для которого минимум z_t достигается при одном и том же плане X . Найденный интервал исключают из отрезка $[\alpha, \beta]$. Для оставшейся части отрезка снова решают задачу, т.е. переходят к 1 шагу. Решение продолжается до тех пор, пока весь отрезок $[\alpha, \beta]$ не будет разбит на частичные интервалы.

Исходя из предложенной выше общей структуры решения транспортной задачи и на основе метода расширения множества допустимых значений можно реализовать следующий алгоритм решения исходной задачи (1)-(4), охватывающий наиболее известные теоретические распределения случайных величин: нормальное, равномерное, экспоненциальное, линейное, геометрическое, распределение Пуассона и гамма распределение [5-9].

Шаг 1. Ввод исходных данных для заданных законов распределения параметров $m, n, a_i, b_j, d_{ij}, c_{ij}$.

Шаг 2. Выбор закона распределения для m . Если $P\{m = k\} = p * (1 - p)^{k-1} = p_k$, то переход на шаг 3, иначе переход на шаг 5.

Шаг 3. Моделирование z .

Шаг 4. Вычислить $m = \ddot{O} \left[\frac{\ln z}{\ln(1 - p)} \right] + 1$. Переход на шаг 12.

Шаг 5. $P\{m = k\} = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$, $n_1 = \lambda/p, j = 1, k = 0$.

Шаг 6. Моделирование z .

Шаг 7. Проверить условие $z \leq p$. При нарушении этого условия переход на шаг 9.

Шаг 8. Принять $k = k + 1$.

Шаг 9. Положить $j = j + 1$.

Шаг 10. Проверить условие $j > n_1$. При нарушении этого условия переход на шаг 6.

Шаг 11. $m = k$.

Шаг 12. Выбор закона распределения для n . Если $P\{n = k\} = p * (1 - p)^{k-1} = p_k$, то переход на шаг 13, иначе переход на шаг 15.

Шаг 13. Моделирование z .

Шаг 14. Вычислить $n = \ddot{O} \left[\frac{\ln z}{\ln(1 - p)} \right] + 1$. Переход на шаг 22.

Шаг 15. $P\{n = k\} = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$, $n_1 = \lambda/p, j = 1, k = 0$.

Шаг 16. Моделирование z .

Шаг 17. Проверить условие $z \leq p$. При нарушении этого условия переход на шаг 19.

Шаг 18. Принять $k = k + 1$.

Шаг 19. Положить $j = j + 1$.

Шаг 20. Проверить условие $j > n_1$. При нарушении этого условия переход на шаг 6.

Шаг 21. $n = k$.

Шаг 22. Выбор закона распределения для a_i . Если $f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}$, то переход на шаг

23, иначе на шаг 26.

Шаг 23. Положить $i = 1$.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

Шаг 24. $a_i = m_x + \sigma_x \sum_{l=1}^{12} (z_l - 6)$, $i = i + 1$.

Шаг 25. Проверить условие $i > m$. При нарушении условия возврат на шаг 24.

Шаг 26. Если $f(x) = \frac{1}{\max - \min}$, $x \in [\min, \max]$, то переход на шаг 27, иначе на шаг 30.

Шаг 27. Положить $i = 1$.

Шаг 28. $a_i = \min + z(\max - \min)$, $i = i + 1$.

Шаг 29. Проверить условие $i > m$. При нарушении условия возврат на шаг 28.

Шаг 30. Если $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$, то переход на шаг 31, иначе на шаг 34.

Шаг 31. Положить $i = 1$.

Шаг 32. $a_i = -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - z)$, $i = i + 1$.

Шаг 33. Проверить условие $i > m$. При нарушении условия возврат на шаг 32.

Шаг 34. Если $f(x) = \lambda \left(1 - \frac{\lambda}{2} x\right)$, то переход на шаг 35, иначе на шаг 38.

Шаг 35. Положить $i = 1$.

Шаг 36. $a_i = \frac{2}{\lambda} (1 - \sqrt{z})$, $i = i + 1$.

Шаг 37. Проверить условие $i > m$. При нарушении условия возврат на шаг 36.

Шаг 38. Если $f(x) = \frac{\alpha^k}{(k-1)!} x^{(k-1)} e^{-\alpha x}$, то переход на шаг 39, иначе на шаг 42.

Шаг 39. Положить $i = 1$.

Шаг 40. $a_i = -\frac{1}{\alpha} \ln(z_1 * z_2 * \dots * z_k)$, $i = i + 1$.

Шаг 41. Проверить условие $i > m$. При нарушении условия возврат на шаг 40.

Шаг 42. Шаги 22-41 повторяются только применительно к b_j, d_{ij}, c_{ij} .

Шаг 43. Для заданных значений $m, n, a_i, b_j, d_{ij}, c_{ij}$ решение расширенной задачи.

Шаг 44. Проверка полученного решения на допустимость по ограничениям (2) задачи (1)-(4). Если решение допустимо, то оно оптимально. В противном случае, в соответствии с алгоритмом метода расширения, переход к новому решению $x = x^p + h$ и возврат к шагу 43 [10-15].

Выводы

Таким образом, сформулирована содержательная постановка и построена алгоритм моделирование параметрического анализа решений транспортной задачи ГПС. На основе метода расширения и методов моделирования нестационарных параметров предложен алгоритм решения транспортной задачи с дополнительными условиями при воздействии случайных возмущений. Разработана общая структура информационно-аналитической системы принятия решений в ГПС.

Список использованных литератур

- 1 [Электронный ресурс]: <http://promrob.com/npravleniya-deyatelnosti/innovatsionny-e-resheniya/gibkie-proizvodstvenny-e-sistemy/>
- 2 Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – С. 344.
- 3 Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. – М.: Энергоиздат, 1982. – С. 288.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- 4 [Электронный ресурс]: <https://algowiki-project.org/ru>
- 5 Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: Математические основы. – М.: Мир, 1978. – С. 312.
- 6 Лэсдон Л.С. Оптимизация больших систем / пер. с англ. – М.: Наука, 1975. – С. 432.
- 7 Артамонов А.Г., Володин В.М., Авдеев В.Г. Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов. – М.: Химия, 1989. – С. 224.
- 8 Умбетов У. Особенность сложных химико-технологических комплексов как объектов управления // Вестн. КазАТК им. М. Тынышпаева. – Алматы, 2007. – № 5. – С. 137–143.
- 9 Володин В.М., Мокрова Н.В. Моделирование декомпозиционного управления многостадийными процессами // Хим. и нефтегазовое машиностроение. – 2007. – № 2. – С. 17–19.
- 10 Zhang J., Chen B., Ye Y. A multi-exchange local search algorithm for the capacitated facility location problem [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: <http://www.optimization-online.org/DBFILE/2003/10/761.pdf>.
- 11 Шукаев Д.Н., Тажибаева А.К. Имитационная модель анализа на чувствительность параметров задачи распределения ресурсов // Математическое моделирование и управление в сложных системах. – М.: МГАПИ, 1999. – С. 66–70.
- 12 Шукаев Д.Н., Кригер Е.В., Тажибаева А.К. Распределение ресурсов в социально-экономических системах в условиях неопределенности // Современные проблемы информатики, управления и создания информационных технологий. – Алматы, 1998. – Ч. I. – С. 212.
- 13 Умбетов У. Иерархическое управление при распределении ресурсов // Наука и образование Южного Казахстана. Серия Процессы и аппараты. – Шымкент, 2006. – № 5 (54). – С. 134–137.
- 14 Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 275 с.
- 15 Shukaev D.N. Optimization of resource allocation processes in parallel structure systems // Presentation of International scientific and technical conference FEIC. International scientific and technical conference «New technologies in Islamic Countries». – Almaty, 1999. – P 185–192.

У.У. Умбетов, В.В. Яворский, А.О. Чванова

Ақпараттық және аналитикалық жүйелерді пайдалана отырып, икемді технологиялық процестерге шешім қабылдау

Жұмыс икемді өндірістік жүйелер жағдайында шешім қабылдау мәселесін зерттеуге арналған. GPS-те шешім қабылдаудың негізгі мақсаты шектеулерді ескере отырып, өндірістік процестерді оңтайландыру және тиімділікті арттыру, шығындарды азайту, өндіріс уақытын қысқарту және өнім сапасын арттыру сияқты мақсаттарға қол жеткізу болып табылады. Икемді өндірістік жүйелердегі көлік ағындарын дамыту және ұйымдастыру күрделі кешенді міндет болып табылады. GPS шешім қабылдау процесінде әртүрлі әдістер мен құралдар қолданылады, соның ішінде математикалық модельдеу, оңтайландыру алгоритмдері, сараптамалық жүйелер және шешімдерді қолдау жүйелері. Деректерді талдау, модельдеу және модельдеу негізінде өндірістік параметрлерді реттеу, өндірістік тапсырмаларды жоспарлау, ресурстарды басқару және технологиялық процестер туралы шешімдер қабылданады. Көлік желілерінің күрделілігінің артуымен олардың сенімділігін қамтамасыз етуге байланысты мәселелерді шешудің маңыздылығы артады, бұл осы саланы зерттеуге деген қызығушылықты арттырады. Берілген Көлік желісінің тораптық нүктелері арасындағы көлік ағындарының көлемін болжауға және оңтайландыруға, көлік ағындарын бағыттау мәселелерін шешуге, көлік ағындарына қызмет көрсетуді қамтамасыз ету үшін материалдық ресурстарды тиімді бөлуге мүмкіндік беретін ақпараттық-аналитикалық жүйені ұйымдастыру ұсынылады. Нәтижесінде

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

семантикалық тұжырым жасалды және GPS көлік мәселесіне арналған шешімдерді параметрлік талдауды модельдеу алгоритмі жасалды. Стационарлық емес параметрлерді кеңейту және модельдеу әдісі негізінде кездейсоқ бұзылуларға ұшыраған кезде қосымша шарттармен көлік мәселесін шешу алгоритмі ұсынылды. Бұдан басқа, темір жол көлігі үшін МЖӘ-де шешім қабылдаудың ақпараттық-талдамалық жүйесінің жалпы құрылымы әзірленді.

Кілт сөздер: модельдеу, икемді өндіріс жүйелері, кездейсоқ шамалар, Алгоритмдер, шешім қабылдау

U.U. Umbetov, V.V. Yavorskij, A.O. Chvanova

Decision making for flexible technological processes using information and analytical systems

The work is devoted to the study of the issue of decision-making in flexible production systems. The main purpose of decision-making in GPS is to optimize production processes taking into account limitations and achieve set goals, such as increasing efficiency, reducing costs, reducing production time and improving product quality. The development and organization of transport flows in flexible production systems is a complex complex task. Various methods and tools are used in the decision-making process in GPS, including mathematical modeling, optimization algorithms, expert systems and decision support systems. Based on data analysis, modeling and simulation, decisions are made about setting production parameters, planning production tasks, managing resources and technological processes. With the increasing complexity of transport networks, the importance of solving problems related to ensuring their reliability increases, which attracts increasing interest in studying this area. It is proposed to organize an information and analytical system that allows you to predict and optimize the volume of traffic flows between the nodal points of a given transport network, solve the problems of routing traffic flows, efficiently allocate material resources to ensure the maintenance of traffic flows. As a result, a semantic formulation was formulated and an algorithm for modeling parametric analysis of solutions for the GPS transport problem was developed. Based on the method of expansion and modeling of non-stationary parameters, an algorithm for solving the transport problem with additional conditions under the influence of random disturbances was proposed. In addition, the general structure of the information and analytical decision-making system in GPS for railway transport was developed.

Keywords: modeling, flexible production systems, random variables, algorithms, decision making

References

- 1 Gibkie proizvodstvennyye sistemy. [Electron resource] // URL: <http://promrob.com/napravleniya-deyatel-nosti/innovatsionny-e-resheniya/gibkie-proizvodstvenny-e-sistemy/> (Date of application: 11.06.2023).
- 2 Mesarovich M., Mako D., Takahara I. Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevnyh sistem. – M.: Mir, 1973. –344 p.
- 3 Denisov A.A., Kolesnikov D.N. Teoriya bol'shih sistem upravleniya. – M.: Энергоиздат, 1982. – 288 p.
- 4 Algoritm Bellmana-Forda. [Electron resource] // URL: https://algowiki-project.org/ru/Алгоритм_Беллмана-Форда (Date of application: 12.06.2023).
- 5 Mesarovich M., Takahara YA. Obshchaya teoriya sistem: Matematicheskie osnovy. – M.: Mir, 1978. – 312 c.

Раздел 2. «Информационно-коммуникационные технологии»

- 6 Lesdon L.S. Optimizaciya bol'shih sistem / per. s angl. – M.: Science, 1975. – p. 432.
- 7 Artamonov A.G., Volodin V.M., Avdeev V.G. Matematicheskoe modelirovanie i optimizaciya plazmohimicheskikh processov. – M.: Chemistry, 1989. – 224 p.
- 8 Umbetov U. Osobennost' slozhnyh himiko-tehnologicheskikh kompleksov kak ob'ektov upravleniya // Vestn. KazATK im. M. Tynyshpaeva. – Almaty, 2007. – No 5. – p. 137–143.
- 9 Volodin V.M., Mokrova N.V. Modelirovanie dekompozitsionnogo upravleniya mnogostadijnymi processami // Him. i neftegazovoe mashinostroenie. – 2007. – No 2. – p. 17–19.
- 10 Zhang J., Chen B., Ye Y. A multi-exchange local search algorithm for the capacitated facility location problem [Electron resource]. // URL: <http://www.optimization-online.org/DBFILE/2003/10/761.pdf>. (Date of application: 12.06.2023).
- 11 SHukaev D.N., Tazhibaeva A.K. Imitatsionnaya model' analiza na chuvstvitel'nost' parametrov zadachi raspredeleniya resursov // Matematicheskoe modelirovanie i upravlenie v slozhnyh sistemah. – M.: MGAPI, 1999. – p. 66–70.
- 12 SHukaev D.N., Kriger E.V., Tazhibaeva A.K. Raspredelenie resursov v social'no-ekonomicheskikh sistemah v usloviyah neopredelennosti // Sovremennye problemy informatiki, upravleniya i sozdaniya informatsionnykh tekhnologij. – Almaty, 1998. – Part. I. – p. 212.
- 13 Umbetov U. Ierarhicheskoe upravlenie pri raspredelenii resursov // Nauka i obrazovanie YUzhnogo Kazahstana. Seriya Processy i apparaty. – Snymkent, 2006. – No 5 (54). – p. 134–137.
- 14 Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Science, 1981. – 275 p.
- 15 Shukaev D.N. Optimization of resource allocation processes in parallel structure systems // Presentation of International scientific and technical conference FEIIC. International scientific and technical conference «New technologies in Islamic Countries». – Almaty, 1999. – P 185–192.

Раздел 3

Технические науки и технологии

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

МРНТИ 44.31.31

Н.Н. Асабина

*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Республика Казахстан
(e-mail: n.assabina@ttu.edu.kz)*

Исследование особенностей коррозии аустенитных труб пароперегревателей котлов сверхкритического давления

В статье приводится анализ эксплуатационных данных повреждаемости труб 12X18H10T от окалинообразования, межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания под напряжением; методики исследования влияния отложений на процессы коррозии в перегретом паре и на воздухе. Рассмотрен механизм нарушения целостности пленки на поверхности металла. Проведен анализ влияния окислительных режимов на сокращение ресурса пароперегревателей. Рассмотрены причины повреждений нержавеющей труб пароперегревателей в котлах сверхкритического давления. Изучены материалы лабораторных испытаний, проведенные после аварийных остановов котлов ГРЭС. Где проводилась вырезка змеевиков КПП ВД II ступени; исследования солевой коррозии при $t=470\text{K}$ 50°C на плоских образцах аустенитной стали 12X18H12T с предварительным нанесением хлоридов натрия совместно с диоксидом кремния. На основе проведенных исследований приведены выводы об особенностях коррозии аустенитных труб пароперегревателей.

Ключевые слова: межкристаллитная коррозия, окалинообразование, аустенитная сталь, пароперегреватель, окислительный режим, коррозия, охрупчивание.

Введение

Окалинообразование и бездеформационные повреждения труб конвективных пароперегревателей продолжают оставаться актуальной проблемой надежности котлов СКД, особенно при окислительных воднохимических режимах. Отсутствие приемлемого механизма, объясняющего повреждение окалиностойкой и жаропрочной стали 12X18H12T со стороны перегретого пара при рабочих температурах металла 430-640 °С, затрудняет выявление причин интенсивного окалинообразования и хрупких разрушений труб задолго до исчерпания их ресурса. То, что проблема растрескивания аустенитных сталей связана с загрязненностью пара хлоридами при наличии кислорода, высказывалось ранее [1]. В то же время проблема растрескивания и окалинообразования может быть рассмотрена как результат действия на металл непосредственно теплоносителя загрязненного перегретого пара или различных отложений, накопление которых на внутренней поверхности труб происходит из пара.

Основная часть

Сохранение целостности пленки является решающим фактором для предотвращения хрупких разрушений металла. Однако при интенсивном окалинообразовании сравнительно редки случаи охрупчивания труб пароперегревателей. В связи с этим растрескивание металла в перегретом паре, вероятно, происходит в условиях пассивности основной поверхности металла и окисления его по границам зерен, а интенсивное окалинообразование протекает в условиях окисления (активирования) общей поверхности металла (всего тела зерен).

Различие этих двух механизмов разрушения позволяет по-иному оценить тот или иной вклад эксплуатационных факторов на ресурс металла, который в настоящее время оценивается только с учетом окалинообразования на основании определения уменьшения толщины трубчатых элементов поверхностей нагрева за время их эксплуатации. Утонение труб рассчитывают отдельно для

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

внутренней и наружной поверхностей, так как их температура различна и окисление происходит в разных средах: в водяном паре и продуктах сгорания топлива [2]. Глубина коррозии стали 12X18H12T на основании результатов испытаний составляет за 100 000 ч при различных температурах соответственно в водяном паре: при 500, 550, 600 и 700 °С - 0,007, 0,02, 0,04, 0,16 мм; на воздухе: 0,0002, 0,0007, 0,002, 0,009 мм.

Считается безопасной толщина пленки на аустенитной стали до 20 мкм, при увеличении толщины окалины до критического значения 50-60 мкм происходит ее скалывание, что снижает надежность работы труб.

Результаты и обсуждения

Противоречивость данных по влиянию окислительных режимов на сокращение ресурса пароперегревателей проявляется в том, что в исследованиях [3, 4] время до разрушения образцов нержавеющей стали при заданном механическом напряжении и температурах 815-871 °С всегда было больше в окислительной среде, чем в нейтральной. Безопасность работы нержавеющей труб в перегретом паре сверхкритических параметров при наличии в нем больших количеств растворенных O_2 и $NaCl$ отмечена при длительности до 5000 часов [5]. Опыты проводились при концентрации хлоридов 0,5-5 мг/кг, O_2 - 0,01-0,2 мг/кг; температура металла образцов 620-650 °С, температура пара 520-540 °С. По результатам опытов констатируется отсутствие межкристаллитного и транскристаллитного растрескивания на различных марках аустенитной стали и делается вывод, что коррозионное растрескивание под напряжением в перегретом паре исключается по электрохимическому механизму, поскольку в этом случае пар является диэлектриком.

Причина повреждений нержавеющей труб пароперегревателей усматривается в глубоких перегревах металла при гидродинамических нарушениях, в неоднородности тепловосприятия отдельных труб с газовой стороны при стационарной эксплуатации.

В отличие от предыдущих исследований приводятся данные по межкристаллитной коррозии в газовой фазе при наличии хлоридов на поверхности металла. Так, в паре при 600-650 °С под нагрузкой 200 МПа образцы аустенитной стали типа X18H9 с осадком хлорида подвергались межкристаллитному окислению и растрескиванию за 500 ч; аналогичному воздействию подвергались образцы с нанесенным осадком хлоридов на воздухе при температуре 600 °С. Образцы без осадка не растрескивались, пока не наступало чисто механическое разрушение от ползучести.

Агрессивность солевых загрязнений на поверхностях пароперегревателей трудно объяснить воздействием расплавов чистых солей, так как температура плавления большинства из них значительно выше допустимых температур при эксплуатационных режимах, так, $NaCl$ - 800 °С, Na_2SO_4 - 884 °С, $MgCl_2$ - 714 °С, $CaCl_2$ - 765 °С. В то же время температура плавления эвтектической смеси $MgCl_2$ (0,438 М) - $NaCl$ (1 М) составляет 442 °С [6].

Можно предположить, что появление жидких фаз в отложениях наблюдается уже при температуре начала их деформации (размягчения отложений). Чем более тугоплавки отложения, тем они менее агрессивны. Анализ данных по температурам плавления наружных отложений труб НРЧ, представленных в виде оксидов, выявил тенденцию изменения температуры плавления от содержания различных компонентов. Температура плавления отложений снижается с увеличением содержания суммы компонентов Na_2O , H_2O , SO_3 и повышается с увеличением содержания Fe_2O_3 , CaO и MgO . Однако данные по температурам плавления соединений, близких по составу к отложениям в пароперегревателях, отсутствуют. Если рассматривать два типа коррозионных разрушений пароперегревателей, то следует отметить, что выход из строя труб из-за интенсивного окалинообразования наиболее характерен для КПП высокого давления при окислительных режимах и объясняется кратковременными перегревами металла змеевиков до температуры выше 800 °С.

Проведенные после аварийных остановов на одной ГРЭС вырезки змеевиков КПП ВД II ступени визуально отличались по цвету от остальных. Сечение нижних гибов змеевиков было перекрыто окалиной чешуйчатого типа (из 17 вырезанных калачей семь оказались забиты окалиной).

Вынос мелкодисперсной окалины на этой ГРЭС с блоками 800 МВт происходил как в стационарном, так и пусковых режимах. При периодическом нарушении качества питательной воды по x выше 3 мкСм/см содержание кислорода в паре не превышало 200 мкг/кг. В состав образований,

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

забивших змеевики КПП высокого давления II ступени котла, входили, %: Fe_2O_3 - 88,7, FeO - 8,82, CuO - 0,09, Cr_2O_3 - 1,1, NiO - 0,4, CaO - 0,13, MgO - 0,76.

Забитые змеевики были подключены к нижней образующей коллектора и расположены напротив подводящих труб, являясь крайними змеевиками ленты. На блоке 300 МВт этой ГРЭС забивание окалиной труб КПП низкого давления II ступени произошло через 4 месяца после перевода на окислительный режим. Подобных явлений при эксплуатации блоков на гидразинно-аммиачном водном режиме не было. Вынос мелкодисперсных частиц с теплоносителем в зависимости от конструкции пароперегревателей и режима эксплуатации энергоблока приводил к забиванию проходных сечений труб КПП-1 ВД (котлы ТГМП-204) и КПП-И ВД (котлы ТП-312А, ТГМП-314).

Массовые повреждения труб 12Х18Н12Т в виде хрупких разрушений выходной (II) ступени промежуточного пароперегревателя КТВ-II произошли на котлах П-69 блоков 300 МВт, работающих на нейтрально-кислородном водно-химическом режиме, при сравнительно низкой температуре металла при стационарной эксплуатации ($t_{\text{вн}}=488$ °С, $t_{\text{нар}}=602,3$ °С, $p=3,86$ МПа).

Повреждаемость нижних труб змеевика КТВ-II от межкристаллитной коррозии составила:

- на котле № 1 - 11 шт. после наработки 13 969 ч, 20 шт. - 18 153 ч, 28 шт. - 23 279 ч, 30 шт. - 29 782 ч;

- на котле № 2 - 3 шт. - 4773 ч, 10 шт. - 9643 ч, 17 шт. - 15 424 ч, 22 шт. - 20 029 ч, 26 шт. - 25 788 ч;

- на котле № 3 - 5 шт. - 17 655 ч, после 26 205 ч не изменилась;

- на котле № 4 после 23 632 ч повреждаемость труб КТВ-II отсутствовала;

- на котле № 5 - 2 шт. - 4553 ч, 20 шт. - 9916 ч, 21 шт. - 15 864 ч.

Следует отметить, что разрушения происходили в основном в определенной зоне между 1-й и 2-й балками в условиях стесненной деформации.

Приподнятость змеевиков КПП-II на всех нитках ряда котлов в районе 4-й и 5-й балок доходила до 195-200 мм. На внутренней поверхности поврежденных труб имелись неравномерные отложения темно-коричневого цвета, интенсивность бугорчатых отложений увеличивалась вблизи сварных стыков. Отслаивание оксидной пленки происходило в виде отдельных пузырей и полос длиной до 20 мм.

Удельная загрязненность внутренней поверхности труб составила от 38 до 266 г/м. Состав отложений, %: Fe_2O_3 - 63,8, Al_2O_3 - 7,11, SiO_2 - 4,58, Ca - 2,52, SiO_2 и нерастворимая часть 21,52. Образование трещин начинается с внутренней поверхности труб. Трещины имеют ярко выраженный межзеренный характер. Хрупкие повреждения отмечаются в виде сквозных поперечных трещин длиной 20-50 мм на половину периметра. Максимальное раскрытие трещины до 6 мм. В местах повреждения пленки идет выкрашивание металла.

Статистика повреждаемости труб КТВ II ступени на этой ГРЭС показывает вероятность одновременного влияния нескольких факторов, необходимых для развития и ускорения коррозионных процессов. Развитие из межкристаллитной коррозии с глубиной проникновения 0,14-0,4 мм макроразрушений в виде ориентированных поперечных трещин с лобовой и тыльной сторон трубы; является результатом действия на заземленные трубы (недостаток конструкции) нерасчетных осевых напряжений, возникающих в условиях частых циклов нагрева и охлаждения труб (при впрыске) вследствие температурной разверки верхней трубы змеевика (с набегающим тепловым потоком) и нижней трубы (охлаждаемой при впрыске).

На данной ГРЭС необходимость использования частых аварийных впрысков возникла при изменении технологии сгорания топлива (при переходе от угля к газу), при которой факел стал затягиваться в верхнюю часть топки, что вызвало увеличение температуры в пароперегревателях. Для ее регулирования были увеличены частота и объем впрыска (особенно при малых расходах питательной воды). Инкубационный период, необходимый для развития поперечных макротрещин, связан с глубиной межкристаллитной коррозии (на котле № 5 за 15 864 ч глубина МКК достигала 1,5 мм), развивающейся в продольном направлении. На то, что развитие МКК связано с накоплением на поверхности труб агрессивных солей при эксплуатационных режимах; и в результате уменьшения их

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

растворимости в перегретом паре при снижении температуры и давления пара в КПП II ступени, а не при упаривании во время стояночных режимов, указывает тот факт, что большинство макроразрушений и МКК развивается по верхней внутренней стенке трубы со стороны набегающего теплового потока. Необходимо отметить, что ни в одном случае хрупкого разрушения труб не обнаружено перегрева самого металла.

В связи с отсутствием конкретных данных по влиянию интенсивности солевых загрязнений на коррозию нержавеющей стали, 12X18H10T применительно к условиям работы пароперегревателей, были проведены лабораторные и стендовые эксперименты.

Лабораторные исследования солевой коррозии проводились при $t=470\text{K}$ 50°C на плоских образцах аустенитной стали 12X18H12T с предварительным нанесением хлоридов натрия совместно с диоксидом кремния. Часть образцов была покрыта хлоридами натрия совместно с соединениями меди и диоксида кремния.

Отложения SiO_2 отличаются большой адгезией к поверхности металла. Воздействие сухих солей на воздухе при повышенной температуре исключает стадию смачивания их при конденсации влаги, решающая роль которой рассматривалась при хлоридном растрескивании аустенитных сталей. Солевые отложения наносили из водных растворов на определенную площадь поверхности при нагреве металла до $200\text{-}250^\circ\text{C}$.

Лабораторные испытания проводились с солевыми отложениями повышенной интенсивности до 10 г/м^2 ; содержание в них NaCl варьировалось от $0,2$ до $5,6\text{ мг/см}^2$, SiO_2 от $0,015$ до $0,062\text{ мг/см}^2$.

Образцы помещали в муфельную печь и выдерживали в течение $5 - 10$ ч. После испытаний образцы подвергали катодному травлению и после удаления отложений взвешивали.

Солевые отложения при указанной интенсивности (толщине) были полупрозрачны, и это позволило наблюдать различные стадии окисления металла под отложениями. Отложения NaCl с интенсивностью выше 200 мкг/см^2 резко понижали окалиностойкость стали 12X18H12T при исследуемых температурах. После 1 ч. испытаний площадка с солевыми прозрачными отложениями покрывалась сплошной неравномерной черной окалиной. Увеличение в отложениях количества SiO_2 до 30 мкг/см^2 приводило к локализации окисления поверхности, то есть к появлению участков с пятнами и последующим образованием пузырей с разрывом. Под пузырем образуется новая оксидная пленка. При соотношении $\text{NaCl}:\text{SiO}_2$ более $10:1$ появление мелких пузырей наблюдается после нескольких часов. С течением времени пятна золотистого цвета как бы растекались под солевой пленкой, и при последующей выдержке компоненты стали, проникали через солевую пленку, как бы оплавляя белые кристаллы NaCl . Часто при росте оксидной пленки напряжения, которые создавались в солевой пленке, приводили не к сколу, а к образованию ячеистых структур, напоминающих межкристаллитную коррозию металла. Внутри пятна окарины наблюдались темные мелкие шарики, бугорки.

На рисунке 11 представлена зависимость потери массы образцов от поверхностной концентрации хлоридов натрия (интенсивности загрязнения) при различной температуре. По данным испытаний наиболее опасными эксплуатационными температурами аустенитной стали 12X18H12T, являются $550\text{-}570^\circ\text{C}$. Это, вероятно, объясняется тем, что при более высокой температуре (до 650°C) формируется оксидная пленка, фазовый состав которой более устойчив к окислению даже при наличии повышенных хлоридов натрия на поверхности металла [27].

Как видно из рисунка 12, введение в состав отложений с повышенным содержанием хлоридов натрия (более $0,2\text{ мг/см}^2$) соединений меди резко снижает окалиностойкость стали 12X18H10T. В отличие от образцов для лабораторных испытаний с повышенной интенсивностью загрязнения хлоридами натрия в стендовых испытаниях интенсивность варьировалась в пределах от $0,01$ до $0,5\text{ мг/см}^2$.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

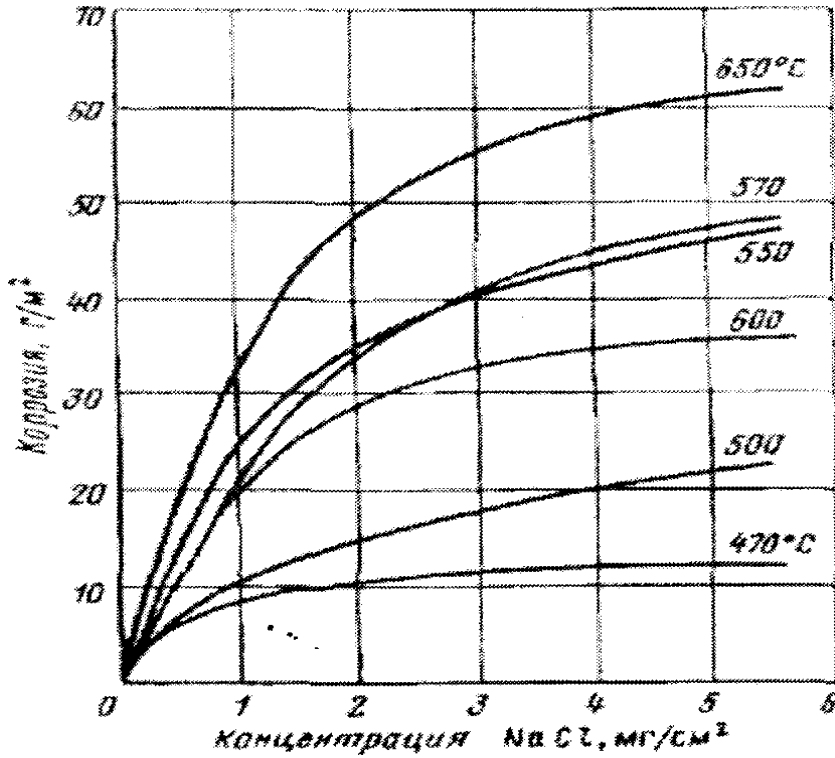


Рисунок 11 - Потеря массы (коррозия) аустенитной стали 12X18H12Т на воздухе при различной температуре в зависимости от содержания на поверхности металла хлорида натрия $SiC > 2 - 0,06$ мг/см ; $t = 5$ ч.

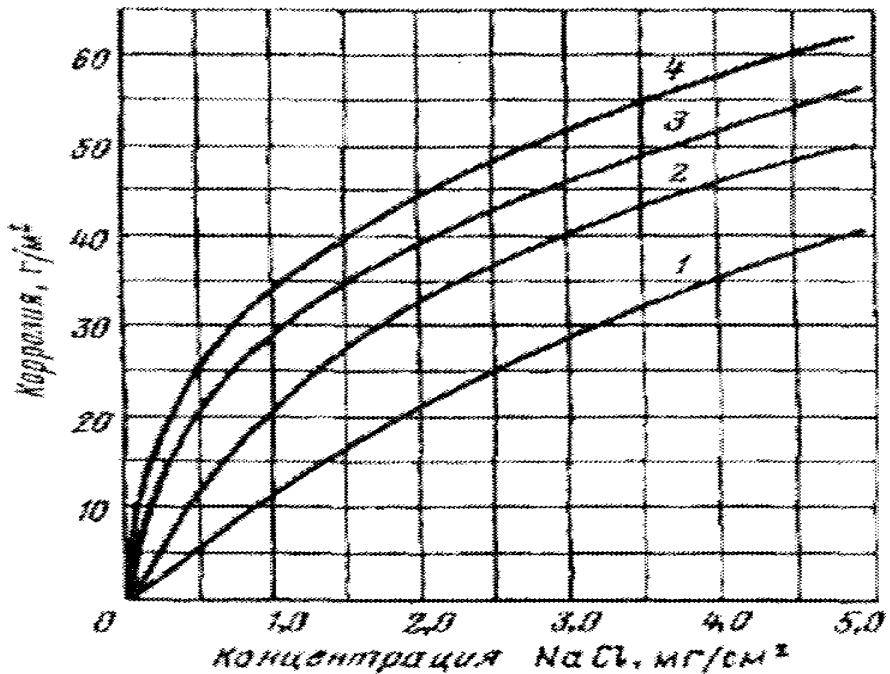


Рисунок 12 - Потеря массы (коррозия) аустенитной стали 12X18H12Т на воздухе при $t=510$ °С в зависимости от содержания на поверхности металла хлорида натрия и соединений меди ($t = 5$ ч). Состав отложений, мг/см²: $SiO_2 = 0,06$. 1 - без медных отложений; 2- $SiO = 0,01$; 3 - $SiO = 0,05$; 4 - $SiO = 0,2$.

Испытания проводили в течение 500 ч при средних параметрах пара 14 МПа, 490 °С. Подготовленные плоские образцы собирались в кассеты. При этом каждый образец крепился двумя

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

винтами к металлической полосе с размерами 500x25x2 мм. образцы размещались с двух ее сторон. Полоса с образцами располагалась внутри трубы ($d_{вн}=42x4$), к которой она крепилась посредством штифтов, установленных поперек трубы. Выходящие из трубы концы штифтов обваривались. Кассета, представляющая собой отрезок трубы стали 12Х1МФ с установленными в ней образцами, вваривалась в горизонтальный участок паропровода стенда, предназначенного для испытаний натуральных элементов энергооборудования.

В процессе испытаний пар на стенд поступал от котла ТЭЦ с гидразинно-аммиачным водно-химическим режимом. За время испытаний было осуществлено три пуска и остановка стенда. В процессе пуска скорость изменения температуры пара составляла 5 °С/мин.

Расход пара поддерживался на уровне 0,3 кг/с. Соответствующая этому расходу скорость течения среды составляла 6,7 м/с. Результаты стендовых испытаний образцов стали 12Х18Н10Т представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты стендовых испытаний образцов аустенитной стали 12Х18Н10Т в перегретом паре при $t = 490^{\circ}\text{C}$, $p = 14$ МПа в течение 500 ч.

Загрязненность поверхности			Описание внешнего вида образцов
NaCl	CuO	SiO ₂	
0	0,1	0,0625	Пленка золотистого цвета с цветами побежалости с омеднением поверхности и пятнами потускнения (без питтинга)
0,01	0,1	0,0625	Пленка с цветами побежалости с образованием пятен ($d = 3$ мм), внутри пятен мелкий питтинг (до 25 шт.)
0,025	0,1	0,0625	Снижение плотности питтинга внутри пятен, его углубление
0,05	0,1	0,0625	То же
од	0,1	0,0625	Появление серой пленки окалина с исчезновением рисок от шлифовки
0,01	отсутствие	0,0625	Пленка с цветами побежалости с пятнами d до 1 мм, внутри которых одиночные питтинги (2-4 шт.)
0,05	То же	0,0625	Начало окал и необразованна (появление участков серой пленки)
0,5	-	0,0625	Окисление поверхности до серого цвета (окаинообразование), исчезновение рисок от шлифовки
0,01	-	0,625	Пленка с цветами побежалости с образованием пятен, меньшего количества, чем в случае с образцами с CuO, внутри пятен одиночные глубокие питтинги.
0,05	-	0,625	Часть поверхности окислена до серого цвета
0,01	0,1	0,625	Пленка золотистого цвета. Образование пятен с сеткой трещины ячеистой структуры.
0,05	0,1	0,625	Окисление поверхности до серого цвета с сеткой трещин в пленке, перерождение мелкого питтинга в язвы

Как видно из таблицы 1, соединения меди без хлоридов не приводят к локальным повреждениям поверхности образца. В то же время добавка в отложения небольшого количества хлоридов натрия (0,01 мг/см) приводит к появлению мелкого питтинга внутри пятен локального повышенного окисления поверхности.

Глубина общего окисления омедненной поверхности в данном случае невелика, так как видны механические риски от шлифования. Дальнейшее увеличение интенсивности хлоридов в отложениях приводит к постепенному углублению и укрупнению питтинга и при поверхностной концентрации хлоридов 0,1 мг/см к появлению окалина серого цвета с исчезновением рисок от шлифовки. При малых содержаниях хлоридов натрия до 0,01 мг/см соединения меди увеличивают плотность локального точечного окисления поверхности.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

При содержании в отложениях хлоридов 0,01 мг/см, соединений меди 0,1 мг/см увеличение интенсивности загрязнения поверхности соединениями SiO₂ с 0,06 до 0,6 мг/см приводит к появлению сетки трещин в оксидной пленке.

Рассматривая механизм хрупкого разрушения (от межкристаллитной коррозии) нержавеющей стали 12X18H10T, при сравнительно низких температурах для этого металла, следует выявить влияние роли окислителя - кислорода и перегретого пара на развитие той или иной стадии коррозионного процесса.

Известно, что взаимодействие кислорода с чистой металлической поверхностью происходит через адсорбцию, формирование центров окисления (локальное окисление), роста сплошной оксидной пленки. Стадия физической адсорбции O₂ сопровождается хемосорбцией атомарного кислорода. Вероятно, эта стадия контролирует процесс окисления металла, так как устойчивый хемосорбированный слой атомарного кислорода вместе с поверхностной высокохромистой оксидной пленкой составляет пассивную пленку, ответственную за коррозионную устойчивость нержавеющей стали. Этот внутренний подокисный слой, вероятно, действует как диффузионный барьер, ограничивая выход ионов металла наружу.

Можно предположить, что основная причина локального точечного окисления и интенсивного окалинообразования пленки заключается в замещении хемосорбированного слоя атомарного кислорода кристаллами NaCl на поверхности металла и обеспечении беспрепятственной диффузии ионов металла с различной подвижностью через оксидную пленку.

Насыщение поверхности водородом при окислении металла перегретым паром (Me+H₂O → MeO+2H) также затрудняет образование пассивирующей кислородной пленки. Образующийся атомарный водород адсорбируется поверхностью металла, диффундирует внутрь его по границам зерен. Высокая концентрация водорода по границам зерен при отсутствии перегрева металла обуславливает охрупчивание металла, а при наличии осевых механических напряжений развитие магистральной трещины. Термоциклические напряжения, возникающие при пусках-остановах и частых аварийных впрысках, способствуют разрушению оксидной пленки и усиливают развитие трещин.

То, что в перегретом паре при наличии кислорода происходит межкристаллитное окисление с последующим наводороживанием металла, а не локализованное химическое растворение в стояночный период (при адсорбции хлор-ионов в водных растворах), подтверждается отсутствием транскристаллитной коррозии (хлоридного коррозионного растрескивания) нержавеющей сталей. Отсутствие пассивного защитного слоя при наличии солевых отложений приводит к тому, что при избытке кислорода в паре происходит интенсивный рост окалины с неоднородным химическим и фазовым составом.

Выводы

В результате анализа особенностей коррозии аустенитных труб пароперегревателей можно сделать следующие выводы:

1. В перегретом паре при $t = 470-570$ °С при периодическом нарушении качества питательной воды по $\chi > 0,3$ мкСм/см возможно протекание солевой коррозии аустенитной стали 12X18H10T, приводящей к локальному повреждению оксидной пленки или интенсивному окалинообразованию.

2. Выявлен характер взаимодействия солевых отложений с оксидной пленкой в перегретом паре и на воздухе:

- наличие в отложениях повышенного содержания хлоридов натрия (выше 0,1 мг/см²) резко снижает окалиноустойчивость стали 12X18H10T, особенно при температуре 550-570 °С;
- соединения кремниевой кислоты в отложениях увеличивают, окалиноустойчивость стали, но при наличии хлоридов приводят к локализации коррозии;
- соединения меди в отложениях приводят к повышенному окалинообразованию.

3. Установлен характер взаимодействия хлоридов натрия при низкой интенсивности загрязнения поверхности 12X18H10T в перегретом паре при $t = 490$ °С:

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

- концентрация хлоридов натрия с интенсивностью $0,01 \text{ мг/см}^2$ приводит к точечному окислению поверхности;
- концентрация хлоридов натрия с интенсивностью $0,1 \text{ мг/см}$ приводит к общему окислению поверхности с образованием окалина серого цвета;
- соединения меди в отложениях при одновременном содержании в них хлоридов натрия до $0,05 \text{ мг/см}$ увеличивают плотность точечного окисления поверхности;
- при малых количествах хлоридов натрия ($0,01 \text{ мг/см}$) и наличии медных соединений в отложениях ($0,1 \text{ мг/см}$) увеличение в них содержания SiO_2 с $0,06$ до $0,6 \text{ мг/см}$ приводит к появлению сетки трещин в оксидной пленке.

Список литературы

- 1 Маргулова Т.Х., Акользин П.А., Разумовская Б.Д. О концентрации газообразного кислорода при дозировании его в конденсат энергоблоков СКД / Теплоэнергетика, 1983, с 3-5.
- 2 РТМ 24.030.49-75. Метод учета окалинообразования при расчете на прочность элементов поверхностей нагрева котлов.
- 3 Окисление металлов / Под ред.Ж. Бенара. М.: Металлургия, 1969.
- 4 Шицман М.Е., Мидлер Л.С., Тищенко Н.Д. Окалинообразование на нержавеющей стали в перегретом паре / Теплоэнергетика, 1982, с 51-53.
- 5 Шицман М.Е. Анализ проблемы коррозионного растрескивания применительно к элементам из нержавеющей труб водопаровых трактов блоков СКД, работающих на кислородном водном режиме / Электрические станции, 1991, с 42-49.

Н.Н. Асабина

Аустениттік құбырлардың бу қыздырғыштардың аса критикалық қысымды қазандықтардың коррозиясының ерекшеліктерін зерттеу

Мақалада масштабтың пайда болуынан, кристаллалық коррозиядан және кернеудегі коррозиялық крекингтен 12X18H10T құбырлардың зақымдануының пайдалану деректерін талдау; шөгінділердің қызып кеткен бу мен ауадағы коррозия процестеріне әсерін зерттеу әдістері келтірілген. Металл бетіндегі пленканың тұтастығын бұзу механизмі қарастырылған. Тотығу режимдерінің бу қыздырғыштарының ресурсын қысқартуға әсерін талдау жүргізілді. Супер критикалық қысымды қазандықтардағы тот баспайтын бу қыздырғыш құбырларының зақымдану себептері қарастырылады. ГРЭС қазандықтарының апаттық тоқтауынан кейін жүргізілген зертханалық сынақтардың материалдары зерделенді. ВД II сатылы беріліс қорабының катушкаларын кесу қай жерде жүргізілді; кремний диоксидімен бірге натрий хлоридтерін алдын ала жағумен 12x18n12t аустенитті Болаттың жалпақ үлгілерінде $t=470\text{K}$ 50°C кезінде тұз коррозиясын зерттеу. Жүргізілген зерттеулер негізінде аустенитті бу қыздырғыш құбырларының коррозиясының ерекшеліктері туралы тұжырымдар келтірілген.

Түйінді сөздер: кристаллалық коррозия, масштабтау, аустенитті Болат, бу аллергиясы, тотығу режимі, коррозия, сынғыш.

N.N. Asabina

Study of corrosion features of austenitic tubes of superheaters of supercritical pressure boilers

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

The article provides an analysis of operational data on the damageability of pipes 12X18H10T from scale formation, intergranular corrosion and stress corrosion cracking; methods for studying the effect of deposits on corrosion processes in superheated steam and in air. The mechanism of breaking the integrity of the film on the metal surface is considered. The analysis of the influence of oxidizing regimes on the reduction of the resource of superheaters has been carried out. The causes of damage to stainless tubes of superheaters in supercritical boilers are considered. The materials of laboratory tests carried out after emergency shutdowns of the boilers of the State District Power Plant were studied. Where was the cutting of the coils of the II stage HPC; studies of salt corrosion at $t=470\text{K}$ 50°C on flat samples of austenitic steel 12Kh18N12T with preliminary application of sodium chlorides together with silicon dioxide. Based on the studies carried out, conclusions are drawn about the features of corrosion of austenitic tubes of superheaters.

Key words: intergranular corrosion, scale formation, austenitic steel, steam generator, oxidative regime, corrosion, brittleness.

References

- 1 Margýlova T.H., Akolzin P.A., Razýmovskaja B.D. O kontsentratsii gazoobraznogo kisloroda pri dozirovanii ego v kondensat energoblokov SKD /Teploenergetika, 1983, s 3-5.
- 2 RTM 24.030.49-75. Metod ýcheta okalinoobrazovaniia pri raschete na prochnost elementov poverhnosti nagreva kotlov.
- 3 Okislenie metallov / Pod red.J. Benara. M.: Metallýrgiia, 1969.
- 4 Shitsman M.E., Midler L.S., Tienko N.D. Okalinoobrazovanie na nerjaveýei stali v peregretom pare / Teploenergetika, 1982, s 51-53.
- 5 Shitsman M.E. Analiz problemy korrozionnogo rastreskivaniia primenitelno k elementam iz nerjaveýih trýb vodoparovyh traktov blokov SKD, rabotaiýih na kislorodnom vodnom rejime / Elektricheskie stantsii, 1991, s 42-49.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

МРНТИ 67.11.29

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

*Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail.ru: baur.bazarov@mail.ru)*

Өңделетін аумақтардағы негіздің деформациясы кезінде сақиналы қимасы бар іргетастарын кешенді зерттеу мәселесіне

Бұл мақалада көлденең созылу деформациялары кезінде өңделетін аумақтардағы сақина іргетастарының жұмысын зертханалық және математикалық модельдеу қарастырылады. Зертханалық жағдайда зерттелетін іргетастың жұмыс істейтін негізмен өзара әрекеттесуін анықтау үшін "Plaxis" бағдарламалық кешеніндегі көлденең деформациялар кезінде топырақ негізіндегі іргетас модельдерінің жұмысын екі өлшемді модельдеуге сандық талдау жүргізілді.

Кілт сөздер: СЭӨ сандық талдауы, математикалық модельдеу, математикалық модель, есептеу схемасы, сақиналық негіз, қосалқы негіз, көлденең созылу деформациясы, зертханалық зерттеулер.

Қазақстан Республикасының таяу кезеңдегі экономикалық және әлеуметтік дамуының негізгі бағыттарының бірі елдегі көмір өндірудің одан әрі өсуі болып табылады, оның резервтерінің бірі оны салынған аумақтардың астынан неғұрлым толық алу болып табылады. Мысалы, Қарағанды қаласы қолданыстағы шекараларда, аздаған ерекшеліктерді қоспағанда, толығымен көмір бассейні болған кезде көмір өндіруден 1,5 млрд.тоннадан астам қорлары бар көмір кен орындарында орналасқан. Қаланың салынуға жататын жұмыс істейтін аумағының едәуір бөлігінде ғимараттар үшін сенімді негіз бола алатын топырақтар күндізгі бетінен 6-8 м тереңдікте жатыр.

ТМД елдерінің негізгі көмір бассейндерінде жер бетінің жылжу процесі 30-шы жылдардан бастап зерттелуде және қазіргі уақытта тау-кен жұмыстарының техникалық жағдайларына байланысты жер бетіндегі деформациялардың сандық мәндерін болжаудың тиісті әдістері әзірленді. Алайда, жер бетіндегі деформациялардың ғимараттар мен құрылыстардың негіздері топырақтарының кернеулі–деформацияланған күйіне әсері әлі күнге дейін жеткілікті зерттелмеген, дегенмен олар ғимараттар мен құрылыстарды пайдалану қауіпсіздігінің нәтижесіне айтарлықтай әсер етеді.

Жұмыс істейтін аумақтардағы құрылыс бойынша қолда бар ғылыми-техникалық әдебиеттерді талдау жер үсті құрылысының деформацияланатын негізмен бірлескен жұмысы мәселесі көптеген зерттеушілердің еңбектерінде қарастырылатындығын көрсетеді. Бірақ өңделетін негіздердің көлденең созылу деформациялары кезінде ғимарат пен құрылыстың жаңа перспективалық құрылымдарының жұмысына әсер ету мәселесі толық зерттелмеген.

Өңделетін аумақтарда жаңа ғимараттар мен құрылыстарды жобалау кезінде негіздердің созылуының көлденең деформацияларын есептеуде жеткіліксіз есепке алу ғимараттың пайдаланудан апаттық шығуына әкеледі (бұл күшейту мен жөндеуге қосымша шығындарды қажет етеді); немесе құрылыстың тиісті қымбаттауымен құрылымдардың шамадан тыс күшеюіне әкеледі.

Жоспарланған зерттеулердің мақсаты іргетас құрылымының көтергіш қабілетін сақтай отырып, топырақтың көлденең созылу деформациялары кезінде өңделетін аумақтар негізінде перспективалық іргетас құрылымдарының шөгінділерін есептеу әдісін әзірлеу болып табылады [1].

Құрылымдардың зерттелетін іргетас құрылымдарының Деформацияланатын негізмен өзара әрекеттесу мәселелерін зерттеу кезінде математикалық модельдеу және зертханалық эксперименттер әдістері қолданылады.

Сандық әдістер барған сайын кең таралуда және олардың арасында, ең алдымен, ең аз күш жұмсауға және әдіспен жүзеге асырылған есептеу моделіне қосымша жұмыстың әсерінен іргетас

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

құрылымының мінез-құлқын жеткілікті сенімділікпен имитациялауға мүмкіндік беретін соңғы элементтер әдісі.

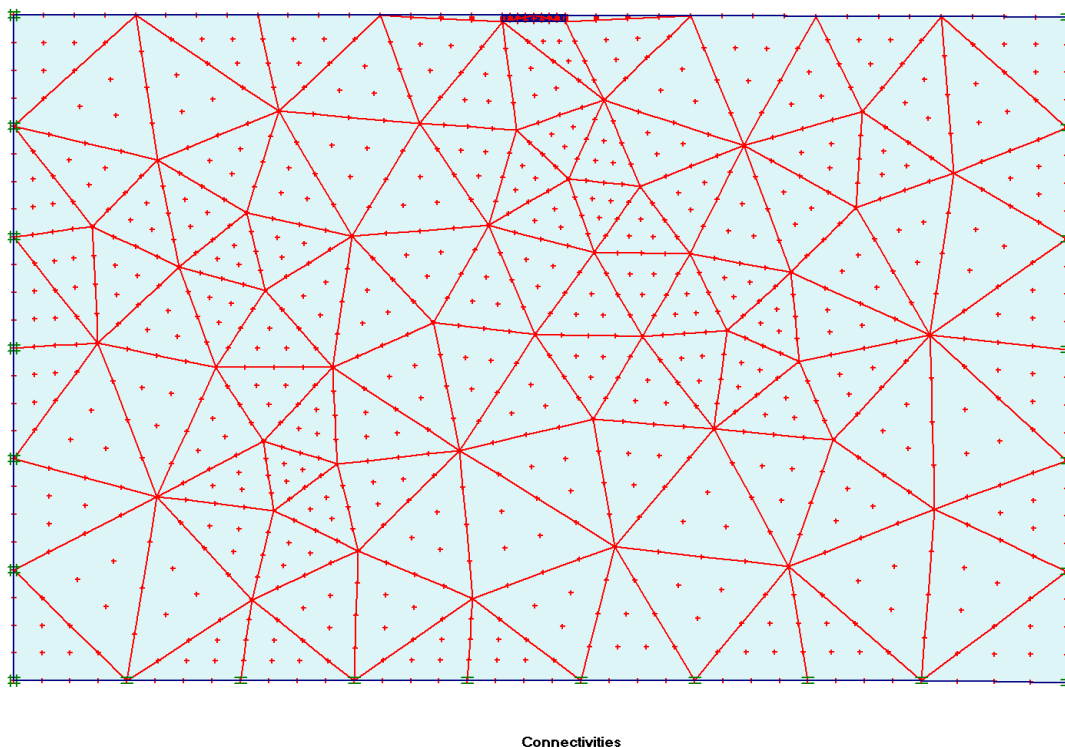
Зертханалық жағдайда модельдік зерттеулер жұмыс істейтін негіздің өзара әрекеттесу барысын анықтайтын және жеке факторларды қарастыратын жағдайларды оңай өзгертуге мүмкіндік береді. Жүргізілген сынақтар сандық және зертханалық модельдеу негізінде алынған негізгі қысқартылған конустық негізі және табаны бар перспективалы іргетастардың көтергіштік қабілеті мен иілгіштігінің сандық тәуелділіктерінің сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

Осылайша, сандық және зертханалық модельдеу әдістерімен мақсаттарға жету жүзеге асырылды.

Сақиналы іргетастың жұмысын зерттеу мақсатында "Plaxis" бағдарламалық кешеніндегі көлденең деформациялар кезінде топырақ негізіндегі іргетас модельдерінің жұмысын екі өлшемді модельдеуге сандық талдау жүргізілді [2,3].

Геометриялық модельдің өлшемдері көлденең деформацияның таралуы берілген аймақтан тыс аз болады деген шарттан алынған.

1 суретте сандық модельдеуге арналған топырақ негізіндегі зерттелетін іргетастың жалпы геометриялық моделі көрсетілген.



Сурет 1. Топырақ негізіндегі сақиналы іргетастың жалпы геометриялық моделі

X осі бойынша көлденең созылу деформациясын модельдеудің 5 есептік кезеңі енгізілді.

Зерттелетін Іргетастардың жұмысын модельдеу және "жүктеме – шөгінді" тәуелділіктерін алу үшін көлемді стенд, эквивалентті материал, іргетас модельдері және иілгіш өлшеуіштер қолданылды.

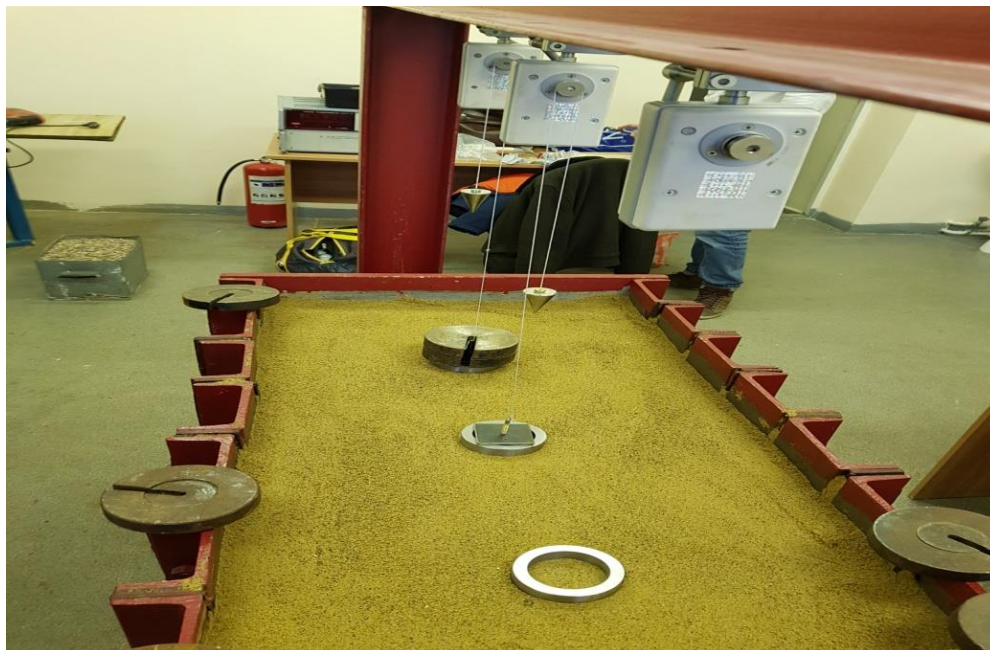
Қарағанды көмір бассейнінің саздақтары аз мөлшерде шпindelь майымен араласқан құм қоспасы болып табылатын баламалы материалмен модельденген.

Модельдің және заттай объектінің (ғимараттың, іргетастың, құрылыстың) сызықтық масштабы саздақ пен баламалы материалдың беріктік қасиеттерінің (ілінісуінің) арақатынасымен анықталады және 1:40-қа тең.

Зертханалық модельдеудің мақсаты құрылымның іргетасы мен іргетасының өзара әрекеттесу сипатын зерттеу болды [4,5].

2-суретте іргетас модельдерін сынау фрагменті көрсетілген.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»



Сурет 2. Тесіктері бар дөңгелек пішінді іргетас модельдерін сынау фрагменті

Жүргізілген зерттеулер негізінде келесі тұжырымдар жасауға болады: зерттелетін іргетастарды модельдік сынау және математикалық модельдеу олардың жер асты массивімен өзара әрекеттесуінің жаңа механизмімен түсіндірілетін және жүк көтергіштігін анықтау үшін графиктер алуға мүмкіндік беретін жеке іргетастарға қарағанда олардың артықшылығын көрсетті.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Юшин А.И. Особенности проектирования фундамента зданий на основаниях, деформируемых горными выработками. -М.: Стройиздат,1980.- 134 с.
- 2 PLAXIS Manual 2.0. General part. Ir. H. van Langen, Dr. ir. P.A. Vermeer: Technical University of Delft, 1989.
- 3 Базаров Б.А. Численный анализ механического взаимодействия конического фундамента с основанием в условиях лабораторного и полевого экспериментов. -В кн.: Материалы теоретической и прикладной механики: Сб. трудов 1-го Республиканского съезда по теоретической и прикладной механике. –Алматы, 1996. -С.429.
- 4 А.с. 1250808. Стенд для моделирования деформаций основания фундаментов подрабатываемых зданий. /Авт. изобрет. А.Ж.Жусупбеков, А.Б.Фадеев, И.В.Носков.- Оpubл. в Б.И. N30. 1986.
- 5 Базаров Б.А. Особенности моделирования взаимодействия фундаментов с подрабатываемым основанием. Международной научной конференции «Наука и образование- ведущий фактор стратегии «Казахстан- 2030» (24-25 июня 2008г.). Выпуск 2.-Караганда. 2008.- С. 204-205.

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

К вопросу комплексных исследований фундаментов кольцевого сечения при деформации основания на подрабатываемых территориях

В данной статье рассматриваются лабораторные и математическое моделирование МКЭ работы кольцевых фундаментов на подрабатываемых территориях при горизонтальных деформациях растяжения. Для определения взаимодействия исследуемого фундамента с

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

подрабатываемым основанием в лабораторных условиях был проведен численный анализ двухмерного моделирования работы моделей фундаментов на грунтовом основании при горизонтальных деформациях в программном комплексе «Plaxis».

Ключевые слова: численный анализ МКЭ, математическое моделирование, математическая модель, расчетная схема, кольцевой фундамент, подрабатываемое основание, горизонтальные деформации растяжения, лабораторные исследования.

B.A. Bazarov, A.N. Konakbaeva, A.N. Kasenova

On the issue of complex studies of the foundations of the annular section during deformation of the base in the territories being worked on

This article discusses laboratory and mathematical modeling of the FEM of the work of ring foundations in the territories under construction with horizontal tensile deformations. To determine the interaction of the foundation under study with the foundation being worked on in the laboratory, a numerical analysis of two-dimensional modeling of the operation of foundation models on a soil base with horizontal deformations in the Plaxis software package was carried out.

Keywords: numerical analysis of FEM, mathematical modeling, mathematical model, calculation scheme, ring foundation, moonlit foundation, horizontal tensile deformations, laboratory studies.

References

- 1 Yushin A.I. Features of the design of the foundation of buildings on foundations deformed by mining workings. -M.: Stroyizdat, 1980.- 134 p
- 2 PLAXIS Manual 2.0. General part. Ir. H. van Langen, Dr. ir. P.A. Vermeer: Technical University of Delft, 1989.
- 3 Bazarov B.A. Numerical analysis of the mechanical interaction of a conical foundation with a foundation in laboratory and field experiments. -In: Materials of Theoretical and Applied Mechanics: Proceedings of the 1st Republican Congress on Theoretical and Applied Mechanics. –Almaty, 1996. - p.429.
- 4 A.S. 1250808. A stand for modeling deformations of the foundations of the foundations of the buildings under construction. /Author invented by A.Zh.Zhusupbekov, A.B.Fadeev, I.V.Noskov.- Publ. in B.I. N30. 1986.
- 6 Bazarov B.A. Features of modeling the interaction of foundations with a part-time foundation. International Scientific Conference "Science and Education - the leading factor of the strategy "Kazakhstan-2030" (June 24-25, 2008). Issue 2.-Karaganda. 2008.- pp. 204-205.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

МРНТИ 67.11.29

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail.ru: baur.bazarov@mail.ru)

Зертханалық эксперимент жағдайында үш қадалы бұталардың СЭӘ сандық талдауы

Бұл мақалада көлденең созылу деформациялары кезінде көмір кен орындарын толық емес өңдеу жағдайында үш қабатты Іргетастардың СЭӘ жұмысын математикалық модельдеу қарастырылады. Зертханалық жағдайда зерттелетін іргетастың жалдамалы негізмен өзара іс-қимылын анықтау үшін "PLAXIS 3d Foundation" бағдарламасы бойынша СЭӘ пайдалана отырып сандық талдау жүргізілді.

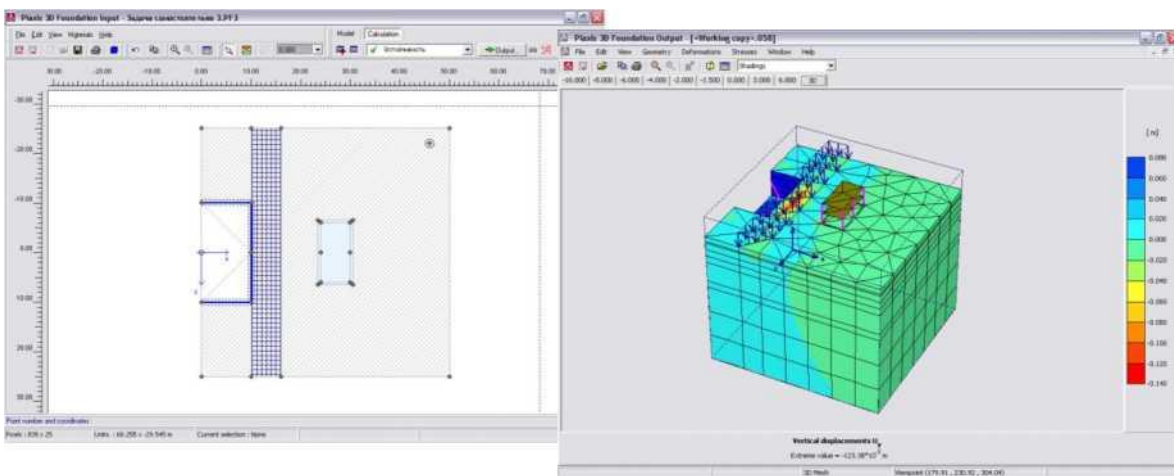
Кілт сөздер: математикалық модельдеу, СЭӘ сандық талдауы, PLAXIS бағдарламалық жасақтамасы, ақырлы элементтік тор, есептеу әдісі, шөгінділерді есептеу, қадалық-топырақ массиві.

Тәжірибе көрсеткендей, геотехникадағы сандық талдаудың ең тиімді әдісі-ақырлы элементтер әдісі. Бүгінгі таңда қазіргі геотехникалық құрылыста қойылған мақсатқа байланысты әртүрлі міндеттерді шешуге арналған көптеген бағдарламалар бар, олардың негізінде СЭӘ жатыр [1, 2, 3, 4]

Осы жұмыста қойылған міндеттерді шешу үшін Дельфт (Нидерланды) қалалық университетінде әзірленген PLAXIS кәсіби бағдарламалық құралы [5] үш өлшемді қойылымда қолданылды, ол бүгінгі күнге дейін іргетас құрылымдарының топырақпен өзара әрекеттесуін сандық зерттеуге арналған ең сәтті қолданбалы бағдарламалар пакетінің бірі болып табылады (1-сурет). PLAXIS пакеті элементтердің екі түрін қолдана отырып, соңғы элементтер әдісін қолданады: он бес (олардың саны 200-ге дейін болуы мүмкін) және алты (800-ге дейін) түйіндік үшбұрышты элементтер. Олар серпімді пластикалық деформация кезінде мәселелерді шешуге арналған.

Бағдарламалық жасақтама кешенінде бірнеше топырақ модельдері қолданылады:

- сызықтық деформацияланатын орта (нөлдік ретті модель - берік негізгі топырақтар үшін);
- Мора-Кулон моделі (бірінші ретті модель - көптеген инженерлік-геологиялық жағдайлар үшін);
- "Кем-клей" моделі (екінші ретті модель - жұмсақ топырақтарға арналған)



Сурет 1. "Plaxis 3d Foundation" ПК-де СЭӘ сандық модельдеу

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

Өте ыңғайлы қызмет көрсету және графикалық функциялардың арқасында бұл бағдарлама әлемге танымал болды және 1988 жылы алғаш рет шығарылған PLAXIS жүйесінің кәсіби нұсқасын қолданатын әлемдегі бірнеше жүздеген танымал геотехникалық мекемелер бар.

Бұл жұмыста біз көптеген практикалық жағдайларда белгілі топырақ параметрлеріне негізделген Мора-Кулон моделін қолдандық.

Жоғарыда айтылғандай, жаппай көп қабатты ғимараттардың бұталы қадаларының іргетастарының деформациялары бойынша есептеулер сандық СЭЭ модельдеуді қолдана отырып параллель жүргізілуі керек.

"Ғимарат-іргетас-негіз" үш өлшемді моделінің СЭЭ-ні есептеу көптеген қадалары бар және геологиялық жағдайларды сипаттайтын жаппай биіктіктегі құрылыстар бүгінгі күні жалпыға белгілі және қол жетімді геотехникалық бағдарламаларда қиын. Алайда, тәжірибе көрсеткендей, мұндай есептеулер ғимаратты салу және пайдалану кезінде туындауы мүмкін барлық факторларды ескеру үшін қажет. Мұндай есепті үш өлшемді шешудің күрделілігі көптеген қадаларды енгізу үшін көптеген түйіндермен және өте аз қашықтықта ақырлы элементті торды модельдеуге мүмкіндік беретін бағдарламаның математикалық ядросы қажет болатындығына байланысты. Алайда, жалпыға белгілі бағдарламаларда мұндай шешім әлі іске асырылған жоқ, сондықтан қадалар массивінің қаттылық сипаттамаларын бір параметрмен ауыстыру арқылы ақырлы элементтік торды жеңілдету қажет.

Қарастырылып отырған жұмыста біз бір қаданың жұмысын сандық модельдеуді қажет етпейтін және топырақтың деформациясы модульдерінің және қадалардың серпімділік Модулінің бұрыннан белгілі мәндеріне негізделген ЕПР анықтау әдісін ұсынамыз. Осы әдістеме бойынша алынған ЕПР мәнін қадалар мен топырақ массивінің қаттылық сипаттамаларын ауыстыру кезінде тек СЭЭ модельдеу кезінде ғана емес, сонымен қатар қабатты қосу әдісімен есептеулерде және т.б. қолдануға болады, егер қадалар мен топырақ массивінің жұмысымен бірге топырақтың пайда болатын деформациялары мен кернеулерін бағалау қажет болса.

Мұны істеу үшін алдымен топырақтың әр қабатының шөгіндісін есептеу керек s , қаданың ұзындығында, әр қабаттың белгілі қалыңдығымен L , деформация модулі E және оған қысым F . топырақтың бір қабатының шөгіндісін келесідей көрсетуге болады (2-сурет):

Осылайша, L қаданың ұзындығындағы әрбір қабат үшін s мәнін есептеу арқылы (1) формула бойынша қаданың ұзындығындағы E топырақ деформациясы модулінің орташа мәнін анықтауға болады:

$$E_{ГР} = \frac{F \cdot L}{s_1 + s_2 + \dots + s_i}, \quad (1)$$

мұндағы s , E және s тиісінше, 1-ші, 2-ші және i -ші қабаттың шөгінділері, қаданың ұзындығы L шегінде.

Әрі қарай, (2) формулаға қаданың ұзындығындағы топырақ қабаттарының n шөгінділерін ауыстырып, F параметрлерін азайта отырып, біз (4) формуласын аламыз, ол қадалық топырақ массивіне жүктемеге тәуелді емес.

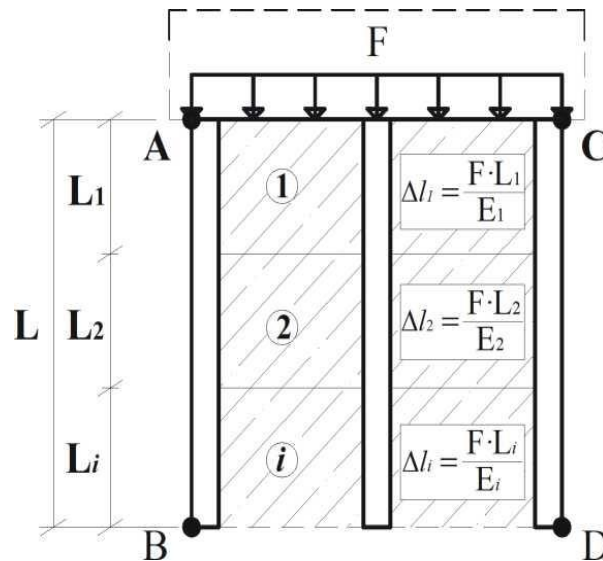
$$E_{ГР} = \frac{L}{\frac{L_1}{E_1} + \frac{L_2}{E_2} + \dots + \frac{L_i}{E_i}}, \quad (2)$$

мұндағы L_1, L_2, \dots, L_i - қадалық-топырақ массивінің биіктігі шегінде орналасқан топырақ қабаттарының қалыңдығы;

L - қадалық-топырақ массивінің биіктігі $L = L_1 + L_2 + \dots + L_i$, м;

E_1, E_2, \dots, E_i - топырақ-қадалар массивінің биіктігі бойынша қадалар аралық кеңістіктің әр қабаты үшін деформация модулінің мәні кН/м².

Раздел 3. «Технические науки и технологии»



ABCD – қадалы топырақты массиві

Осы жерден A_{CB} жоспарындағы қадалардың жалпы ауданын және қадалар аралық кеңістігін $A_{ГР}$ бөлек есептей отырып, (3) формула бойынша қадалар массивінің $E_{пр}$ орташа, келтірілген мәнін алуға болады:

$$E_{пр} = \frac{E_{ГР} \cdot A_{ГР} + E_{CB} \cdot A_{CB}}{A_{ОБЩ}}$$

где E_{CB} - модуль упругости свай;

$A_{ОБЩ}$ - площадь свайно-грунтового массива в плане ($A_{ОБЩ} = A_{CB} + A_{ГР}$).

(3)

Жоғарыда сипатталған әдістеме бойынша есептелген E параметрімен осы жұмыста қадалық топырақ массивінің қаттылық сипаттамаларын СЭӘ қадалықбұта іргетастарының жұмысын модельдеу кезінде ауыстыру ұсынылады.

Бұл жұмыста СЭӘ есептеулері "Plaxis 3D Foundation" ПК-де Мора - - Кулонның серпімді-пластикалық моделін қолдана отырып жүзеге асырылды. Қадалардың ұшынан төмен топырақтың деформациясы инженерлік-геологиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша топырақ параметрлері салынатын бағдарламада ескеріледі. Алынған нәтижелер жүктемені қолдану тереңдігін және оның жоспардағы өлшемдерін ескере отырып, біз ұсынған әдістеме бойынша шөгінділерді есептеу нәтижелерімен объектілердің нақты шөгінділерімен жақсы жинақталғандығын көрсетті.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1999. – с.240.
- 2 Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. - М.: Недра, 2007. 224 с.
- 3 Фадеев А.Б., Жусупбеков А.Ж., Базаров Б.А. Численный анализ МКЭ работы конусообразных свайных фундаментов на подрабатываемых территориях.- В кн.: Проблемы свайного фундаментостроения: Сб.тр. III международной конференции. - Пермь, 1992. -С. 179-181.
- 4 Фадеев А.Б., Репина П И. Абдылдаев З.Х. Метод конечных элементов при решении геотехнических задач и программа "Геомеханика", -Л., ЛИСИ, 1982. с.

Раздел 3. «Технические науки и технологии»

5 Brinkgreve R.B.J., Vermeer P.A.. Plaxis. Version 7 // General information. - A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1998. - P.120.

Б.А. Базаров, А.Н. Конакбаева, А.Н. Касенова

Численный анализ МКЭ трехсвайных кустов в условиях лабораторного эксперимента

В данной статье рассматривается математическое моделирование МКЭ работы трехсвайных фундаментов в условиях подработки угольных месторождений при горизонтальных деформациях растяжения. Для определения взаимодействия исследуемого фундамента с подрабатываемым основанием в лабораторных условиях был проведен численный анализ с использованием МКЭ по программе «PLAXIS 3d Foundation».

Ключевые слова: математическое моделирование, численный анализ МКЭ, программное средство PLAXIS, конечно-элементная сетка, метод расчёта, расчета осадки, свайно-грунтовый массив.

B.A. Bazarov, A.N. Konakbaeva, A.N. Kasenova

Numerical analysis of the FEM of three-pile bushes in a laboratory experiment

This article discusses the mathematical modeling of the FEM of the operation of three-layer foundations in the conditions of mining coal deposits with horizontal tensile deformations. To determine the interaction of the foundation under study with the foundation being worked on in the laboratory, a numerical analysis was carried out using the FEM according to the "PLAXIS 3d Foundation" program.

Keywords: mathematical modeling, numerical analysis of FEM, PLAXIS software tool, finite element grid, calculation method, precipitation calculation, pile-ground array.

References

- 1 Segerlind L. Application of the finite element method. – M.: Mir, 1999. – p.240.
- 2 Fadeev A.B. The finite element method in geomechanics. - M.: Nedra, 2007. 224 p.
- 3 Fadeev A.B., Zhusupbekov A.Zh., Bazarov B.A. Numerical analysis of the FEM of the work of cone-shaped pile foundations in the moonlit territories.- In the book: Problems of pile foundation construction: Sat.tr. III International Conference. - Perm, 1992. -pp. 179-181.
- 4 Fadeev A.B., Repina P. I. Abdyldaev Z.H. The finite element method for solving geotechnical problems and the program "Geomechanics", -L., LISI, 1982. p.
- 5 Brinkgreve R.B.J., Vermeer P.A.. Plaxis. Version 7 // General information. - A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1998. - P.120.

Раздел 4

**Социально-
гуманитарные
науки и Экономика**

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

МРНТИ 16.01.11

А.К. Жунусова, Ю.Ф. Шарипова, А.Т. Мырзаханова, А.Б. Мукатай

Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(altnai.zhunusova@mail.ru)**Преподавание иностранных языков в техническом вузе: важность в эффективные подходы**

Данная статья рассматривает важность преподавания иностранных языков в техническом вузе и предлагает эффективные подходы, включая контекстуальное обучение, активное вовлечение студентов и использование современных технологий. Преподавание иностранных языков позволяет студентам расширить кругозор, эффективно общаться в международной среде и развивать когнитивные навыки. Особое внимание следует уделять специфической терминологии и коммуникационным навыкам, необходимым в технической сфере. Важными компонентами эффективного преподавания являются создание стимулирующей обстановки, оценка языковых компетенций и поддержка мотивации студентов. Общий вывод состоит в том, что преподавание иностранных языков в техническом вузе играет важную роль в развитии будущих специалистов, обеспечивая им не только языковые навыки, но и необходимые коммуникативные и межкультурные компетенции для успешной карьеры в глобальной технической сфере.

Ключевые слова: преподавание, иностранные языки, технический вуз, эффективность, контекстуальное обучение, технологии, специфическая терминология, коммуникационные навыки.

В мире глобализации и быстрого развития технологий умение владеть иностранными языками становится все более важным для специалистов в технической сфере. Технические вузы, осознавая эту потребность, включают в свои учебные программы обучение иностранным языкам. В данной статье рассмотрим важность преподавания иностранных языков в техническом вузе и эффективные подходы к этому процессу.

Во-первых, преподавание иностранных языков в техническом вузе имеет целый ряд преимуществ. Во-первых, оно помогает студентам расширить свой кругозор и понимание мировой науки и технологий. Знание иностранного языка открывает доступ к международным исследованиям, публикациям и прогрессивным техническим разработкам, которые могут быть недоступны на родном языке. Во-вторых, иностранный язык является мощным инструментом коммуникации, особенно в сфере технологий, где международные команды и сотрудничество являются неотъемлемой частью работы. Знание иностранного языка позволяет инженерам и разработчикам эффективно общаться с коллегами и клиентами из других стран, участвовать в международных конференциях и презентациях. Наконец, изучение иностранных языков способствует развитию когнитивных навыков, улучшает память, концентрацию и аналитическое мышление.[1]

Для эффективного преподавания иностранных языков в техническом вузе следует использовать специализированные подходы и методики. Во-первых, контекстуальное обучение является важным элементом. Студенты должны изучать язык, используя материалы и задания, связанные с техническими темами, например, научными статьями, технической документацией или инженерными проектами. Такой подход помогает студентам овладеть специфической лексикой и терминологией, необходимой для работы в технической сфере.

Во-вторых, важно активно вовлекать студентов в учебный процесс. Это можно достичь через проведение групповых дискуссий, проектов и практических занятий, которые способствуют развитию навыков устной и письменной коммуникации на иностранном языке. Использование современных образовательных технологий и мультимедийных ресурсов также может значительно обогатить процесс обучения, сделать его более интерактивным и привлекательным для студентов.[2] Также важно учесть

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

индивидуальные потребности студентов и предоставить разнообразные возможности для практики языковых навыков. Это может включать обмен студентами с зарубежными университетами, стажировки за рубежом или организацию языковых клубов и встреч для общения на иностранном языке. Дополнительные ресурсы, такие как языковые лаборатории или онлайн-платформы для изучения языков, также могут быть полезными инструментами в образовательном процессе.

Кроме того, использование современных технологий в преподавании иностранных языков может значительно повысить эффективность обучения. Различные приложения и онлайн-платформы предлагают интерактивные упражнения, аудио- и видеоматериалы, а также возможности для обратной связи и самостоятельного изучения языка. Электронные словари, грамматические справочники и специализированные ресурсы помогают студентам быстро найти необходимую информацию и углубить свои знания.[3]

Важно также учитывать особенности технической сферы и адаптировать программы обучения к потребностям студентов. Основываясь на их будущей профессиональной деятельности, можно сосредоточиться на специфической терминологии, письменных и устных навыках, которые являются неотъемлемой частью их работы. Также стоит обратить внимание на особенности межкультурной коммуникации, поскольку студенты могут столкнуться с разными культурными контекстами и нормами при взаимодействии с иностранными коллегами и клиентами.

Кроме того, создание стимулирующей обстановки и поддержка мотивации студентов являются важными факторами успешного преподавания иностранных языков. Приложение языковых знаний к практическим ситуациям, проведение ролевых игр, соревнований и проектов, связанных с техническими темами, помогут студентам увидеть применение языка на практике и поддерживать интерес к изучению.

Необходимо также уделять внимание оценке языковых компетенций студентов и их прогрессу. Регулярные проверки, тесты и обратная связь позволяют студентам оценить свой уровень и знать, в каких областях нужно усовершенствоваться. Использование портфолио, в котором студенты могут демонстрировать свои языковые достижения и проекты, также может быть полезным инструментом оценки.[4] В целом, преподавание иностранных языков в техническом вузе играет ключевую роль в подготовке студентов к успешной карьере в технической сфере. Эффективные подходы, основанные на контекстуальном обучении, активном вовлечении студентов, использовании современных технологий и учете их потребностей, помогают им приобрести не только языковые навыки, но и развить коммуникативные и межкультурные компетенции, необходимые для работы в глобальном техническом сообществе.

В заключение, преподавание иностранных языков в техническом вузе играет важную роль в подготовке будущих специалистов в технической сфере. Оно позволяет студентам расширить свои горизонты, улучшить коммуникативные навыки и быть конкурентоспособными на международном рынке труда. Специализированные подходы и методики, активное вовлечение студентов и учет их индивидуальных потребностей являются ключевыми элементами эффективного преподавания иностранных языков в техническом вузе.

Литература

- 1 Laurence Anthony, *Introducing English for Specific Purposes*, 2018, Tom 1, 115-126
- 2 *Education & Educational Research*, Edited By Charlene Polio and Peter De Costa, 2021, 195-196.
- 3 *Applied Linguistics* by Christina Higgins, 2020, 15-22.
- 4 Л.Г. Викулова, *Коммуникация. Теория и практика*, 2020, 89-94.

А.К. Жунусова, Ю.Ф. Шарипова, А.Т. Мырзаханова, А.Б. Мукатай

Техникалық университетте шет тілдерін оқыту: маңыздығы және тиімді тәсілдер

Бұл мақала техникалық университетте шет тілдерін оқытудың маңыздылығын қарастырады және контекстік оқытуды, студенттерді белсенді тартуды және заманауи технологияларды

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

қолдануды қоса алғанда, тиімді тәсілдерді ұсынады. Шет тілдерін оқыту студенттерге көзжіектерін кеңейтуге, халықаралық ортада тиімді қарым-қатынас жасауға және танымдық дағдыларды дамытуға мүмкіндік береді. Техникалық салада қажетті нақты терминология мен коммуникациялық дағдыларға ерекше назар аудару керек. Тиімді оқытудың маңызды компоненттері ынталандырушы органы құру, тілдік құзыреттілікті бағалау және студенттердің ынтасын қолдау болып табылады. Жалпы қорытынды: техникалық университетте шет тілдерін оқыту болашақ мамандардың дамуында маңызды рөл атқарады, оларға тілдік дағдыларды ғана емес, сонымен қатар жаһандық техникалық саладағы табысты мансап үшін қажетті коммуникативтік және мәдениетаралық құзыреттерді қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: оқыту, шет тілдері, техникалық университет, тиімділік, Контекстік оқыту, технология, нақты терминология, коммуникациялық дағдылар.

A.K. Zhunusova, Yu.F. Sharipova, A.T. Myrzakhanova, A.B. Mukatai

Teaching foreign languages at a technical university: importance and effective approaches

This article examines the importance of teaching foreign languages at a technical university and suggests effective approaches, including contextual learning, active involvement of students and the use of modern technologies. Teaching foreign languages allows students to broaden their horizons, communicate effectively in an international environment and develop cognitive skills. Particular attention should be paid to the specific terminology and communication skills needed in the technical field. Important components of effective teaching are the creation of a stimulating environment, the assessment of language competencies and the support of students' motivation. The general conclusion is that teaching foreign languages at a technical university plays an important role in the development of future specialists, providing them not only with language skills, but also with the necessary communicative and intercultural competencies for a successful career in the global technical field.

Keywords: teaching, foreign languages, technical university, efficiency, contextual learning, technologies, specific terminology, communication skills.

References

- 1 Laurence Anthony, *Introducing English for Specific Purposes*, 2018, Tom 1, 115-126
- 2 *Education & Educational Research*, Edited By Charlene Polio and Peter De Costa, 2021, 195-196.
- 3 *Applied Linguistics* by Christina Higgins, 2020, 15-22.
- 4 L.G. Vikulova, *Kommunikaciya. Teoriya i praktika*, 2020, 89-94.

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

МРНТИ 77.01.39

Р.Е. Сергазинов, А.Б. Трус

*Карагандинский государственный индустриальный университет, г.Темиртау, Казахстан
(E-mail a.trus@tttu.edu.kz)***К вопросу оптимизации физкультурно-спортивной деятельности студентов высших звений**

Авторы рассматривают сферу физической культуры и спорта в качестве одной из перспективных площадок, способствующих прочной социальной консолидации общества, независимо от возраста и социального статуса, формированию нации единого будущего, системному воспитанию патриотизма.

Авторами подчёркивается влияние физкультурно - спортивной деятельности, которая помимо пропаганды здорового образа жизни, разносторонне развивает личность, формирует систему ценностей молодого человека.

Авторы подробно описали нынешнее положение студенческого спорта со всеми его проблемами, его перспективы и определили наиболее важные пути его развития.

Одной из наиболее важных перспектив развития авторам видится улучшение информационного освещения происходящих в сфере массового студенческого спорта событий. Перспективно и эффективно, доносить информацию о проходящих соревнованиях не только для учащихся своего вуза, но и по возможности для студентов вузов-партнеров или наоборот, вузов-конкурентов, стимулируя тем самым дух соперничества и состязания, рождающих прогресс.

Ключевые слова: спорт, физическая культура, проблемы, перспективы, пути развития, студенты, образовательная политика, информатизация, ценности физической культуры, физическая подготовленность, спортивная культура.

Введение

Физическая культура, спорт и здоровый образ жизни в современном мире наряду с экономическим развитием находятся в числе ключевых показателей качества жизни молодого поколения нашего государства, рассматриваются и являются важным аспектом социальной занятости населения страны.

В настоящий момент значимость влияния физической культуры и спорта на людей, находящихся в процессе формирования своей личности, то есть юношеского и подросткового возрастов и создании здорового образа жизни молодежи, неуклонно растет.

Данная тенденция обусловлена главным образом тем, что сейчас на пике популярности находится ведение здорового образа жизни, а целью представителей всех спортивных организаций является поддержание интереса к активным двигательным занятиям, особенно у студенческой молодежи

Согласно закону «О физической культуре и спорте», в котором введено само понятие «студенческий спорт», учебным заведениям предписано формировать в студентах, спортивные навыки, с учетом их индивидуальных особенностей, неустанно способствуя созданию условий

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

для вовлечения студентов в занятия физической культурой и спортом, содействовать развитию и популяризации студенческого спорта, проводить спортивные мероприятия [1].

Сам по себе студенческий спорт можно разделить на три основных категории:

Профессиональный спорт – представленный профессиональными спортсменами, параллельно обучающимися в университете.

Полупрофессиональный спорт – представлен спортсменами, регулярно тренирующимися и достигающими высоких результатов, но по каким-то причинам не находящимся в профессиональной категории.

Любительский или массовый спорт – категория представленная, как следует из названия, исключительно любителями спорта.

Очевидно, что наиболее широко представлены две последние категории, на которые преимущественно направлены усилия спортивных организаций по популяризации спорта.

Тем не менее, на пути к реализации своих задач по приобщению все большего числа студентов к спортивной культуре, возникает ряд проблем. Данные проблемы можно разделить на постоянные, существующие всегда и различающиеся лишь масштабом, и, новые, возникающие постоянно и зависящие от различных ситуаций.

К постоянным проблемам относятся:

Формальное отношение отдельных работников к своим обязанностям.

Сопrotивление увеличению влияния спортивных организаций со стороны руководства университета (достаточно редкое явление).

Отсутствие должной мотивации у студентов к занятиям физической культурой вообще и к любительскому занятию спортом в целом.

Нехватка инвентаря, необходимого для занятий.

Недостаточное количество соревнований по ряду видов спорта межвузовского масштаба.

Отсутствие единой информационной сети, посвященной спорту и как следствие низкая информированность молодежи о проходящих спортивных мероприятиях.

Отдельно стоит остановиться на проблеме освещения спортивных событий студенческого мира: отсутствие тесной коммуникации между социальными группами университетов приводит к разрозненности и подрывает системный подход к развитию массового спорта в Казахстане. При уже упомянутом росте вовлеченных в спортивную деятельность студентов, данная проблема стоит особенно остро.

Преподаватели физического воспитания регулярно сталкиваются с вышеперечисленными проблемами и непосредственно их решают. Поэтому необходима стимуляция преподавательского состава дополнительными выплатами, привлечение спонсоров к проведению спортивно – массовых мероприятий, соревнований различных уровней. Так как с развитием и распространением студенческих спортивных событий повышается престиж университета, который становится более привлекательным в глазах студентов и особенно тех, кто увлечен каким-то видом спорта, приобщая их к интересной развивающейся спортивной жизни ВУЗа [2].

Существующая определенная мода на ведение здорового образа жизни, обуславливающая приток большого количества молодежи в лоно любительского спорта, однако, вместе со спросом со стороны студенчества рождается множество предложений со стороны различных клубов и обществ, находящихся вне структур вузов и составляющих им прямую конкуренцию

О путях развития студенческого спорта в республике Казахстан сегодня ведутся оживленные дискуссии. Один из активно обсуждаемых вопросов – какова социальная выгода отдельно взятого университета от развития спорта среди своих студентов. Социальная сторона вопроса, проявляется в повышении социального статуса вуза.

Для повышения конкурентоспособности спортивным организациям вузов необходимо развивать свою инвентарную базу, создавать комфортные условия для занятий, разнообразить

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

палитру спортивных направлений, в чем, как мы видим, должно быть заинтересовано и руководство университета.

Разумеется, некоторая единая информационная сеть, связывающая все спортивные организации вузов страны, облегчила бы эту задачу и могла бы использоваться помимо межуниверситетского общения для ведения статистических исследований, где так важно иметь большое число объектов изучения.

Из всего изложенного можно сделать ряд выводов: при исследовании проблем массового спорта четко определен и вышперечислен круг наиболее злободневных проблем, мешающих развитию массового студенческого спорта, достаточно четко определен и задача спортивных организаций – постепенно, но неуклонно решать эти проблемы. Можно выделить стратегически важные направления для развития и укрепления влияния массового спорта в студенческой среде, которые в среднесрочной перспективе помогут поднять процент молодежи, вовлеченной в массовый спорт выше 70 %. Реализация описанных направлений позволит достичь повсеместного распространения массового любительского спорта, а физкультурно-спортивная деятельность является необходимым условием гармоничного развития студентов.

Непрофильное физкультурное образование определяет лишь первоначальную основу всестороннего развития двигательных навыков и физических качеств. А спорт открывает эти возможности молодых людей на предельных уровнях, являясь логическим завершением системы «физическая культура», одной из наиболее эффективных и привлекательных форм организации занятий физической культурой, занимает все большее место в их образе и стиле жизни.

Значимой для студентов является эмоциональная сторона процесса спортивной деятельности, проявляющаяся в переживании чувства удовлетворенности от осязаемого положительного эффекта спортивной тренировки, будь то победа на соревнованиях или даже небольшая победа над собой. Однако для того чтобы спорт оказывал действительно только положительное воздействие на личность и не вызывал ее деформаций, необходимо в процессе физкультурно-спортивного образования осуществлять развитие спортивной культуры студентов [3].

Спортивная культура личности понимается как интегративное личностное образование, включающее систему средств, способов и результатов физкультурно-спортивной деятельности, направленной на восприятие, воспроизведение, создание и распространение физкультурно-спортивных ценностей и технологий. Спортивная культура личности формируется в процессе использования личностью культурно-образовательного потенциала, ценностей и технологий спорта, а также в результате накопления опыта физкультурно-спортивной деятельности и наполнения ее личностным смыслом.

Спортивная культура личности включает в себя следующие компоненты:

1. Ценностный (совокупность физкультурно-спортивных ценностей, смыслов, мотивов, целей, средств их достижения).
2. Нормативный (нормы физического развития, подготовленности, здоровья, нравственного спортивного поведения, физкультурно-спортивные традиции).
3. Социально-коммуникативный (культура общения и взаимодействия в процессе физкультурно-спортивной деятельности).
4. Когнитивный (совокупность физкультурно-спортивных ценностей в виде знаний, убеждений, умений) [4].

Заключение

В заключение можно отметить следующее. В системе высшего образования необходимо

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

реализовать гуманистические функции физической культуры и спорта и их воздействие на личность.

Гуманистические функции физической культуры и спорта заключаются в актуализации того огромного культурного потенциала, который несут в себе спорт и физкультурно-спортивная деятельность в воздействии на формирование спортивной культуры личности: образовательный потенциал, воспитательный, оздоровительный и развивающий. Для того чтобы наиболее полно реализовать гуманистический потенциал физической культуры и спорта, необходимо создать педагогическую систему физкультурно-спортивного образования студентов, направленную на формирование спортивной культуры личности [5].

Список литературы

- 1 Концепция развития физической культуры и спорта Республики Казахстан до 2025 года от 11 января 2016 [Электронный ресурс].
- 2 Закон «О физической культуре и спорте» от 3 июля 2014 года № 228-V-ЗРК
- 3 Федулова, В.В. Перспективы развития физической культуры и спорт // Проблемы и перспективы развития физической культуры и спорта. – 2019. – № 1. – С. 51 – 55.
- 4 Мартиросова, Т.А. Развитие и перспективы массового студенческого спорта / Т.А. Мартиросова, И.В. Евсикова // Сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Совершенствование системы физического воспитания, спортивной тренировки, туризма и оздоровления различных категорий населения». – 2018. – С. 563 – 566.
- 5 Харитонов, В.Б. Мотивация студентов к занятиям физической культурой и спортом – необходимость и способы формирования / В.Б. Харитонов, Г.И. Тараканова // Материалы V Международной научно-методической конференции «Физическое воспитание и студенческий спорт».

Р.Е. Сергазинов, А.Б. Трус

Жоғары оқу орындары студенттерінің дене шынықтыру және спорттық белсенділігін оңтайландыру мәселесі туралы

Мақалада бұқаралық студенттік спорттың негізгі заманауи мәселелері қарастырылып, дамудың ең перспективалы жолдары анықталды.

Авторлар дене шынықтыру және спорт саласын жасына және әлеуметтік мәртебесіне қарамастан, қоғамның берік әлеуметтік шоғырлануына, болашағы біртұтас ұлттың қалыптасуына, патриотизмді жүйелі тәрбиелеуге ықпал ететін перспективалы аландардың бірі ретінде қарастырады.

Авторлар салауатты өмір салтын насихаттаумен қатар, тұлғаны жан - жақты дамытып, жас адамның құндылықтар жүйесін қалыптастыратын дене шынықтыру-спорттық іс-әрекеттің әсерін атап көрсетеді.

Авторлар колледж спортының қазіргі жағдайын оның барлық мәселелерімен, болашағымен егжей-тегжейлі сипаттайды және оның дамуының маңызды жолдарын ашты.

Дамудың маңызды перспективаларының бірі авторлар бұқаралық студенттік спорт саласында болып жатқан оқиғалардың ақпараттық қамтылуын жақсартуды көреді. Перспективалы және тиімді, тек өз жоғары оқу орнының оқушылары үшін ғана емес, мүмкіндігінше серіктес жоғары оқу орындарының студенттері үшін немесе керісінше, бәсекелес жоғары оқу орындарының студенттері үшін өтетін жарыстар

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

туралы ақпаратты жеткізу, осылайша прогреске әкелетін бәсекелестік пен жарыс рухын ынталандыру.

Түйінді сөздер: спорт, дене шынықтыру, проблемалар, перспективалар, даму жолдары.

R.E. Sergazinov, A.B. Trus

On the issue of optimization of physical culture and sports activities of students of higher institutions

The article deals with the main modern problems of mass student sports and identifies the most promising ways of development.

The authors consider the sphere of physical culture and sports as one of the most promising platforms, contributing to strong social consolidation of society, regardless of age and social status, the formation of a nation of one future, the systemic education of patriotism.

The authors emphasize the impact of physical culture and sports activities, which in addition to promoting a healthy lifestyle, versatile personality develops, forms the system of values of a young person.

The authors describe in detail the current state of student sports with all its problems, its prospects and identify the most important ways of its development.

One of the most important prospects of development the authors see the improvement of informational coverage of the events taking place in the field of mass university sports. It is promising and effective to make information about current competitions not only for the students of your university, but also if possible for the students of partner or competitor universities, thereby stimulating the spirit of competition and rivalry, which gives rise to the progress.

Key words: sport, physical culture, problems, perspectives, ways of development

References

- 1 Концепция развития физической культуры и спорта Республики Казахстан до 2025 года от 11 января 2016 [Elektronnyj resurs].
- 2 Закон «О физической культуре и спорте» от 3 июля 2014 года № 228-V-ZRK
- 3 Fedulova, V.V. Perspektivy razvitiya fizicheskoy kul'tury i sport // Problemy i perspektivy razvitiya fizicheskoy kul'tury i sporta. – 2019. – № 1. – S. 51 – 55.
- 4 Martirosova, T.A. Razvitie i perspektivy massovogo studencheskogo sporta / T.A. Martirosova, I.V. Evsikova // Sbornik materialov XVII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Sovershenstvovanie sistemy fizicheskogo vospitaniya, sportivnoj trenirovki, turizma i ozdorovleniya razlichnyh kategorij naseleniya». – 2018. – S. 563 – 566.
- 5 Haritonov, V.B. Motivaciya studentov k zanyatijam fizicheskoy kul'turoj i sportom – neobhodimost' i sposoby formirovaniya / V.B. Haritonov, G.I. Tarakanova // Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii «Fizicheskoe vospitanie i studencheskij sport».

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

МРНТИ 77.03.07

О.В. Мелешко

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан.
(E-mail olegm5371@gmail.com)*

Утомление при физической и умственной работе студента вуза, восстановление

Студент- это будущее нации и особо уязвимая прослойка общества, иными словами— это драгоценный ресурс государства, необходимый для построения здорового и крепкого общества. Если сегодня пренебречь здоровьем, общим и физическим состоянием студента, пренебречь проблемами переутомления студента в будущем мы можем пожать общество с ярко выраженными проблемами. Целью данного отчета является описание утомления, которое студенты вузов часто испытывают при физической и умственной работе, а также способов помочь им справиться с этим утомлением. В докладе будут рассмотрены различные причины усталости, от физического напряжения до умственного стресса, и будет рассмотрено, как с этим справляются студенты вузов. В нем также будут обсуждаться способы снижения или предотвращения усталости в первую очередь. Наконец, в отчете будут предложены положения и советы для студентов университетов о том, как более эффективно управлять своим уровнем энергии.

Ключевые слова: Усталость, выгорание, депрессия, стресс, умственная усталость, физическая усталость, восстановление

Университетская жизнь может быть проблемой для многих студентов из-за физических и умственных требований, предъявляемых к учебе. В результате усталость является распространенной проблемой среди студентов университетов, что может привести к снижению успеваемости в учебе и других видах деятельности. В этой статье мы обсудим причины усталости среди студентов университетов и рассмотрим стратегии восстановления, которые помогут им более эффективно справляться со своей рабочей нагрузкой. Мы также рассмотрим использование технологий в качестве средства восстановления после усталости, вызванной физической и умственной работой. Студенты высших учебных заведений часто сталкиваются с усталостью при физической и умственной работе. Усталость может быть вызвана недостатком сна, плохим питанием, депрессией, стрессом и другими факторами. Однако, независимо от причины, усталость может серьезно повлиять на академические результаты и общее самочувствие студента. Рассмотрим основные причины усталости и методы восстановления для студентов высших учебных заведений.

1. Недостаток сна: Недостаток сна является одной из основных причин усталости. Студенты часто тратят много времени на учебу и работу, оставляя мало времени на сон. Это может привести к нарушениям в работе мозга и ухудшению когнитивных способностей. Недостаток сна является одной из основных причин усталости у студентов высших учебных заведений. Когда студенты не спят достаточно, их организм не успевает восстановиться после дня их учебных и рабочих дел, что приводит к чувству усталости, раздражительности и снижению эффективности. Кроме того, недостаток сна может привести к ухудшению памяти и концентрации, что может негативно сказаться на успеваемости студентов. Также, длительный недосып может повысить риск развития различных заболеваний, таких как депрессия, беспокойство, сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания.

Чтобы бороться с недостатком сна, студенты могут придерживаться следующих рекомендаций:

1. Старайтесь спать в одно и то же время каждый день и просыпаться в одно и то же время.
2. Предотвратите сильные звуки и свет в спальне. Попробуйте использовать шумоизоляционные наушники, темные шторы или маску для сна.
3. Избегайте приёма кофеина, алкоголя и тяжелой пищи непосредственно перед сном.
4. Постарайтесь отключиться от всех электронных устройств перед сном, чтобы успокоить свой мозг и подготовиться к сну.

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

5. Следуя этим рекомендациям, студенты могут снизить недостаток сна и уменьшить усталость, повысив свою эффективность и общее самочувствие.

2. Плохое питание: Плохое питание может привести к недостатку необходимых питательных веществ и энергии для тела. Это может привести к утомлению и ухудшению здоровья в целом. Неправильное питание является распространенной проблемой среди студентов, особенно в период сессии, когда учебная нагрузка наивысшая. Вместо здоровой и сбалансированной диеты, студенты могут предпочитать быструю и удобную пищу, такую как фастфуд, закуски и газированные напитки. Это может привести к набору лишнего веса, ухудшению физической формы, а также к снижению иммунной системы. Кроме того, неправильное питание может привести к нехватке важных питательных веществ, таких как витамины и минералы, которые необходимы для поддержания здоровья организма и его функций. Например, нехватка железа может привести к анемии, которая может проявляться усталостью, слабостью, головной болью, плохим настроением и снижением концентрации внимания.

Чтобы бороться с проблемой неправильного питания, студенты могут придерживаться следующих рекомендаций:

1. Старайтесь употреблять пищу с высоким содержанием питательных веществ, таких как фрукты, овощи, белок, здоровые жиры и углеводы.

2. Планируйте свои приемы пищи, чтобы избежать перекусов и нехватки времени на полноценный прием пищи.

3. Ограничьте потребление сладких и жирных продуктов, таких как конфеты, шоколад и чипсы.

4. Избегайте газированных напитков и алкоголя, которые могут содержать большое количество сахара и калорий.

5. Пейте достаточное количество воды, чтобы поддерживать гидратацию.

6. Попробуйте приготовить свою еду дома, чтобы убедиться, что вы получаете все необходимые питательные вещества.

3. Стресс: Студенты испытывают много стресса из-за учебы, экзаменов и других факторов. Это может привести к утомлению и плохому настроению. Стресс является еще одной серьезной проблемой, связанной с утомлением студентов вузов. Студенты часто испытывают стресс, связанный с академическими и социальными требованиями, сроками сдачи проектов и экзаменов, недостаточностью времени, а также с неопределенностью будущего. Повышенный уровень стресса может привести к утомлению и истощению, а также к физическим и психическим проблемам. Повышенный уровень стресса может привести к затруднению сосредоточения, плохому сну, депрессии, тревожности и беспокойству.

Для борьбы со стрессом и усталостью студенты могут использовать следующие рекомендации:

1. Планирование своего времени и организация своей жизни помогут снизить стресс и уменьшить утомление.

2. Занятие спортом, йогой, медитацией или другими формами физической активности может помочь улучшить настроение и снять напряжение.

3. Постараться расслабиться и провести время с семьей и друзьями.

4. Избегайте чрезмерного употребления кофеина и других стимуляторов, так как они могут усугубить усталость и стресс.

4: Депрессия может привести к усталости и эмоциональному истощению. Она может быть вызвана различными факторами, включая социальное и экономическое давление.

Депрессия является еще одной серьезной проблемой, связанной с утомлением студентов вузов. Студенты часто испытывают депрессию, связанную с социальным давлением, неудачами в учебе, переездом в новый город и разрывом социальных связей. Повышенный уровень депрессии может привести к утомлению и истощению, а также к физическим и психическим проблемам. Повышенный уровень депрессии может привести к затруднению сосредоточения, плохому сну, низкой самооценке и чувству беспомощности.

Для борьбы с депрессией и усталостью студенты могут использовать следующие рекомендации:

1. Поговорите с квалифицированным психологом или психиатром, чтобы получить профессиональную помощь.

2. Постарайтесь понять и принять свои эмоции и чувства.

3. Избегайте излишней самокритики и сравнения с другими.

4. Разработайте режим дня, чтобы обеспечить достаточный сон и время для занятий физическими упражнениями.

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

5. Избегайте излишней загрузки учебными заданиями и обязанностями.
6. общайтесь с друзьями и близкими людьми, которые могут помочь вам в трудную минуту.
7. Старайтесь заниматься своими увлечениями и интересами, чтобы получать удовольствие и позитивный настрой.

8. Избегайте излишнего употребления алкоголя и наркотиков, которые могут усугубить депрессию и утомление.

5. Сидячий образ жизни: Студенты часто проводят много времени за компьютером или за учебными книгами. Это может привести к снижению физической активности и уменьшению уровня энергии. Еще одной распространенной проблемой среди студентов является сидячий образ жизни, связанный с длительным сидением во время занятий в аудитории и проведения времени за компьютером. Сидячий образ жизни может привести к многим негативным последствиям для здоровья, таким как ожирение, повышенный риск заболеваний сердечно-сосудистой системы, диабет, повышенный уровень стресса и болезней спины.

Для борьбы со сидячим образом жизни студенты могут придерживаться следующих рекомендаций:

1. Проводите перерывы во время занятий и работы за компьютером, чтобы встать, размяться и растянуться.

2. Избегайте длительных периодов сидения. Если это возможно, используйте стоячие столы или сделайте перерывы для физических упражнений.

3. Регулярно занимайтесь физической активностью. Это может быть занятие спортом, прогулка или даже простые упражнения в рабочих перерывах.

4. Старайтесь увеличить количество шагов в день. Например, вы можете ходить пешком на учебу или на работу, подниматься по лестнице вместо использования лифта и т.д.

5. Регулярно проветривайте помещение, в котором вы находитесь, чтобы улучшить качество воздуха и получить дополнительную энергию.

6. Постарайтесь создать оптимальные условия для работы и учебы. Например, настройте свет в помещении, используйте удобное кресло и стол, чтобы уменьшить напряжение на спине и шее.

7. Соблюдение этих простых рекомендаций поможет студентам бороться со сидячим образом жизни и сохранять свое здоровье и энергию для успешного выполнения учебных задач.

8. Занятие физической культурой.

Методы восстановления

Говоря о восстановлении в начале хотелось бы заострить внимание на последнем пункте борьбы с сидячим образом жизни, а именно на занятии физической культурой. Физическая активность является эффективным методом борьбы с усталостью и повышения уровня энергии. Студенты могут заниматься спортом, бегать, ходить на прогулки или просто заниматься физическими упражнениями в течение дня, чтобы улучшить своё самочувствие. Физическая активность в физической культуре играет важную роль в восстановлении работоспособности студентов ВУЗа. Регулярные физические упражнения помогают улучшить кровообращение и обмен веществ, что положительно влияет на функционирование организма в целом, а также на работу мозга.

Упражнения, направленные на развитие выносливости, такие как бег, плавание, велоспорт, улучшают работу сердечно-сосудистой системы, повышают выносливость и уровень энергии. Это может помочь студентам бороться с усталостью и повысить их работоспособность. Упражнения, направленные на развитие силы и гибкости, такие как подтягивания, отжимания, приседания, растяжка, могут помочь улучшить телосложение, уменьшить риск травм и улучшить общее самочувствие.

Кроме того, физическая активность может помочь студентам бороться со стрессом. Во время физических упражнений выделяются эндорфины - гормоны, которые помогают улучшить настроение и снизить уровень стресса. Для того чтобы начать заниматься физической активностью, студентам не обязательно ходить в спортивный зал или на тренировки. Достаточно простых упражнений, которые можно выполнять дома, например, прогулки на свежем воздухе, подъем по лестнице, упражнения на силу и гибкость. Студентам также следует убедиться, что они занимаются физической активностью в безопасных условиях и при наличии соответствующей экипировки, если это необходимо. Следование рекомендациям по физической активности поможет студентам улучшить своё самочувствие, уменьшить стресс и повысить работоспособность.

3. Управление временем: Управление временем может помочь студентам уменьшить усталость и повысить продуктивность. Они могут использовать методы планирования, чтобы распределить своё время между учёбой, работой и отдыхом. Управление временем - это важный аспект в восстановлении

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

работоспособности студентов ВУЗа. Многие студенты испытывают стресс из-за нехватки времени на выполнение задач, сдачу экзаменов, написание рефератов и других академических работ. Однако, правильное управление временем может помочь студентам повысить свою продуктивность и снизить уровень стресса. Для этого можно использовать несколько стратегий:

1. Планирование: Студенты могут составлять расписание на неделю или месяц, в котором будет указано время на выполнение каждой задачи. Также можно использовать приложения для управления временем, которые помогут организовать день и не забыть о важных делах.

2. Приоритизация: Студенты могут определить наиболее важные задачи и выполнить их первыми. Это позволит им избежать стресса и улучшить свою продуктивность.

3. Разделение задач: Студенты могут разбить большие задачи на более мелкие и выполнить их по частям. Это позволит им сохранить мотивацию и избежать перегрузки.

4. Избегание отвлекающих факторов: Студенты могут избегать отвлекающих факторов, таких как социальные сети, телевизор или другие формы развлечений, которые могут отнимать время и снижать продуктивность.

5. Отдых: Студенты должны уделять достаточно времени для отдыха и восстановления. Регулярные перерывы между занятиями, прогулки на свежем воздухе или просто расслабление могут помочь студентам сохранить энергию и продуктивность. Говоря об отдыхе: Отдых является важным фактором для восстановления работоспособности студентов ВУЗа. Он помогает уменьшить усталость, снизить уровень стресса и повысить эмоциональное благополучие.

Для того чтобы эффективно отдыхать, необходимо научиться правильно распределять свои силы и время. Студенты ВУЗа часто сталкиваются с тем, что у них много дел, и они не могут найти время на отдых. Однако, необходимо понимать, что отдых является не менее важным элементом для продуктивной работы, чем учеба и работа.

Список использованных источников

1 Роженцов В.В., Полевщиков М.М. Утомление при занятиях физической культурой и спортом: проблемы, методы исследования. М.: Советский спорт. 2006. 280 с.

2 Сериков, С.Г. Здоровьесберегающее образование: здоровья и образованности учащихся: моногр./ С.Г. Сериков. - Челябинск: ЧГНОЦ УрО РАО, 2002. -226 с.

3 Огай А. Н., Аванесов А. А., Демьянова Л. М. Профилактика утомления у студентов средствами физической культуры // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017033006> (дата обращения: 15.04.2022)

4 Крамской, С. И. Восстановление умственной работоспособности студентов средствами физической культуры и психической саморегуляции [Текст] / Крамской С. И., Бондарь Е. А., Коруковец А. П. — Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2016. — 75с

5 Голованов, И. С. Физическая культура в профилактике умственного утомления студента / И. С. Голованов. —// Молодой ученый. — 2022. — № 15 (410). — С. 330-332. — URL: <https://moluch.ru/archive/410/90425/> (дата обращения: 24.03.2023).

О.В. Мелешко

Университет студентінің физикалық және ақыл-ой жұмысындағы шаршау, қалпына келтіру

Студент – ұлт болашағы және қоғамның ерекше осал қабаты, басқаша айтқанда, ол салауатты және күшті қоғам құру үшін қажетті мемлекеттің құнды ресурсы болып табылады. Егер бүгінгі күні біз студенттің денсаулығына, жалпы және физикалық жағдайына немқұрайлы қарасақ, болашақта студенттердің шамадан тыс жұмыс істеу проблемаларын елемейтін болсақ, онда біз айқын проблемалары бар қоғамды орап аламыз. Бұл есептің мақсаты – университет студенттерінің физикалық және ақыл-ой жұмысы кезінде жиі бастан кешіретін шаршауын, сондай-ақ оларға осы шаршауды жеңуге көмектесу

Раздел 4. «Социально-гуманитарные науки Экономика»

жолдарын сипаттау. Баяндамада физикалық жүктемеден психикалық күйзеліске дейін шаршаудың әртүрлі себептері қарастырылады және университет студенттерінің онымен қалай күресетіні қарастырылады. Сондай-ақ, бірінші кезекте шаршауды азайту немесе алдын алу жолдары талқыланады. Соңында, баяндама университет студенттеріне энергия деңгейін қалай тиімдірек басқаруға болатыны туралы нұсқаулар мен кеңестер береді.

Түйінді сөздер: Шаршау, депрессия, стресс, психикалық шаршау, физикалық шаршау, қалпына келтіру.

O.V. Meleshko

Fatigue during physical and mental work of a university student, recovery

The student is the future of the nation and a particularly vulnerable stratum of society, in other words, it is a precious resource of the state, necessary for building a healthy and strong society. If today we neglect the health, general and physical condition of the student, neglect the problems of student overwork in the future, we can reap a society with pronounced problems. The purpose of this report is to describe the fatigue that university students often experience during physical and mental work, as well as ways to help them cope with this fatigue. The report will look at the various causes of fatigue, from physical strain to mental stress, and look at how university students deal with it. It will also discuss ways to reduce or prevent fatigue in the first place. Finally, the report will offer guidelines and advice for university students on how to manage their energy levels more effectively.

Keywords: Fatigue, burnout, depression, stress, mental fatigue, physical fatigue, recovery

References

- 1 Rozhencov V.V., Polevshchikov M.M. Utomlenie pri zanyatiyah fizicheskoy kul'turoj i sportom: problemy, metody issledovaniya. M.: Sovetskij sport. 2006. 280 s.
- 2 Serikov, S.G. Zdorov'esberegayushchee obrazovanie: zdorov'ya i obrazovannosti uchashchihsya: monogr./ S.G. Serikov. - Chelyabinsk: CHGNOC UrO RAO, 2002. -226 s.
- 3 Ogaj A. N., Avanesov A. A., Dem'yanova L. M. Profilaktika utomleniya u studentov sredstvami fizicheskoy kul'tury // Materialy IX Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017033006> (data obrashcheniya: 15.04.2022)
- 4 Kramskoj, S. I. Vosstanovlenie umstvennoj rabotosposobnosti studentov sredstvami fizicheskoy kul'tury i psihicheskoy samoregulyacii [Tekst] / Kramskoj S. I., Bondar' E. A., Korukovec A. P. — Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V. G. SHuhova, 2016. — 75s
- 5 Golovanov, I. S. Fizicheskaya kul'tura v profilaktike umstvennogo utomleniya studenta / I. S. Golovanov. —// Molodoj uchenyj. — 2022. — № 15 (410). — S. 330-332. — URL: <https://moluch.ru/archive/410/90425/> (data obrashcheniya: 24.03.2023).

Раздел 5

Химия

Раздел 5. «Химия»

МРНТИ 31.01.01

А.Х. Жакина, С.К. Кабиева, Р.К. Жаслан

*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(E-mail.ru: alzhakina@mail.ru, kabieva.s@mail.ru, rims93@list.ru)*

Синтез и строение модифицированных производных п-аминобензойной кислоты

Поиски новых эффективных препаратов, обладающих биологически активными свойствами, является одной из актуальных проблем химической науки. В последнее время для интенсификации процесса их синтеза и повышения эффективности протекания химических реакций, используют химическую модификацию. Повышенный интерес исследователей вызывают синтезы соединений, обладающие биологически активными свойствами с использованием природного соединения. Большими перспективами для их получения обладают п-аминобензойная кислота. В данной статье получены новые модифицированные производные п-аминобензойной кислоты путем взаимодействия п-аминобензойной кислоты с различными изотиоцианатами. Установлено, что продуктами реакции являются производные тиомочевины на основе п-аминобензойной кислоты, которые образуются в результате присоединения амина по связям $C = N$ изотиоцианата. С использованием современных физико-химических методов (элементный анализ, ИК-, ПМР-спектроскопия) установлена структура синтезированных соединений. Введение в структуру п-аминобензойной кислоты изотиоцианатов расширяет границы модификации этого соединения и полученные в работе данные могут быть использованы при целенаправленном поиске новых биоактивных веществ.

Ключевые слова: п-аминобензойная кислота, изотиоцианаты, модификация, синтез, структура, тиомочевинные производные, биологически активные вещества

Введение

Биологически активные вещества всегда привлекали к себе повышенное внимание исследователей. Использование таких веществ в медицине имеет большое значение для решения многих практических и теоретических задач. Очевидно, что одна из главных проблем, стимулирующих развитие теоретически исследований, заключается в расшифровке молекулярных механизмов действия этих соединений на важнейшие процессы жизнедеятельности живого организма. К одним из таких соединений относится п-аминобензойная кислота. Она обладает уникальными свойствами, которые дают основание отнести это природное соединение к биологически активным и позволяют использовать ее в различных областях человеческой деятельности. Несмотря на то, что эта кислота была открыта более века назад, интерес к изучению ее свойств не иссякает, а многие механизмы ее действия остаются мало изученными. Все эти факты определяют актуальность дальнейшего исследования этой кислоты и ее производных.

п-Аминобензойная кислота (ПАБК) – природное соединение, синтезируемое большинством микроорганизмов. Для них ПАБК жизненно необходимо, и этот факт объясняет еще одно название вещества – бактериальный витамин Н. Для многих микроорганизмов ПАБК является фактором роста и входит как структурный фрагмент в молекулу фолиевой кислоты (1) (витамина В₉), играющей важную роль в метаболизме белков и нуклеиновых кислот [1].

В последнее время у п-аминобензойной кислоты обнаружен ряд интересных особенностей. Так наличие генетической активности у ПАБК было открыто И.А.Рапопортом в 1938 году [2]. В конце 70-х годов появилась серия работ, с несомненностью подтверждающих высокую эффективность ПАБК. Одно из проявлений генетической активности ПАБК заключается в способности этой кислоты репарировать (устранять) повреждения генетического материала, вызываемые радиацией, ультрафиолетовыми лучами и многими химическими соединениями.

Раздел 5. «Химия»

p-Аминобензойная кислота, обладая антимутагенными свойствами, устраняет эффекты мутагенов и в этом плане, можно сказать, является фактором, обеспечивающим стабильность генетического материала клетки. Особенность репарагенного действия ПАБК заключается в том, что антимутагенный эффект проявляется лишь при ее присутствии в клетке непосредственно в момент воздействия мутагена.

Необходимо отметить, что между поврежденным генетическим материалом в момент действия мутагена и появлением мутации, или химического изменения этого материала, лежит целая цепь событий и это указывает на временной и многоступенчатый характер формирования мутации. ПАБК воздействует лишь на первый этап протекающего во времени процесса образования искусственных мутации – на индуцированные мутагеном повреждения, способствуя репарации этих повреждений.

Оказалось, что эффективность ПАБК очень высока [3]. Эта кислота снижает частоту мутаций, индуцируемый у кишечной палочки очень мощными химическими мутагенами в 5-60 раз. Степень снижения зависит от концентрации ПАБК.

Имеется ряд немногочисленных исследований, посвященных выяснению конкретных механизмов антимутагенного эффекта ПАБК. Репарагенное действие ПАБК объясняется вмешательством этого соединения в систему репарации клетки, изменением доступности ДНК для ферментативной репарации. Для ПАБК характерно образование лабильных комплексов. Такой комплекс с ДНК – а это взаимодействие с генетическим материалом четко показано – защищает структуры ДНК от повреждений. С другой стороны, за счет комплексообразования ПАБК активирует ферменты, в том числе участвующие в процессах репарации.

ПАБК также повышает жизнеспособность организма при действии физических факторов, она снимает ингибирующее влияние сульфаниламидных препаратов и представляет собой абсолютно безвредное в мутагенном отношении соединение, которое можно смело применять, не рискуя причинить вред окружающей среде.

ПАБК повышает активность ферментов. Наиболее убедительные доказательства существенного повышения ферментативной активности при действии ПАБК получены в модельных экспериментах с использованием очищенных ферментов. При этом, активность фермента может увеличиваться почти в 3 раза.

ПАБК представляет собой природное соединение с уникальными генетическими свойствами. Это соединение по вызываемому им репарагенному, антимутагенному эффекту не сравнимо ни с одним из известных антимутагенов, так как ПАБК абсолютно безопасна в мутагенном отношении даже в высоких концентрациях. ПАБК не оказывает вмешательства в спонтанный мутационный процесс, в то же время активируя функцию генетического материала на уровне хромосом (пуфы) или на уровне генных продуктов, каковыми являются белки-ферменты.

Интерес к модифицированным производным ПАБК продолжает расти из-за их химических и биологических свойств [4-5]. Особенно перспективными являются работы в области синтеза новых модифицированных производных ПАБК. Как известно, модифицированные производные ПАБК известны своей антиоксидантной, офтальмологической, антибактериальной и противовирусной активностью. Модифицированные производные ПАБК также используются как биоактивный компонент в солнцезащитных кремах, которые уменьшают от повреждения УФ-лучей. Кроме этого, производные ПАБК идентифицированные как сильнодействующие противомикробные агенты, показали подавляющие свойства, прежде всего, грамположительных кокков.

В последнее время возрос интерес у исследователей в области синтеза изоцианатов. Изоцианаты являются одним из четырех важных классов органических соединений, объединенных общим названием гетерокумулены, которые содержат двойную связь углерод – азот и способны вступать в реакции нуклеофильного присоединения. Гетерокумулены нашли широкое применение в органической химии как синтетические интермедиаты, а изоцианаты и их производные являются потенциальными биологически активными соединениями.

Анализ литературных данных показал, что модифицированные производные ПАБК, содержащие изоцианатный фрагмент мало изучены. Изоцианаты, относящиеся к гетерокумуленам, очень реакционноспособны и легко присоединяют основания с образованием тиамидной группы, введение которой в структуру ПАБК расширяет границы модификации этого соединения и может привести к возникновению новых видов биоактивности.

Целью данной работы является синтез тиомочевинных производных p-аминобензойной кислоты и исследование их строения.

Раздел 5. «Химия»

Экспериментальная часть

4-(3-бензоилтиомочевино)-аминобензойной кислоты (1). 1,4 г (0,01 моль) бензоилхлорида и 0,97 г (0,01 моль) роданида калия кипятили в 20 мл ацетона в течение 2 ч. После отфильтровали KCl. К реакционной массе при перемешивании добавили 1,37 г (0,01 моль) *n*-аминобензойной кислоты в 10 мл этилового спирта. Далее перемешивали при комнатной температуре 3ч. Отгоняли растворитель. Остаток кристаллизовали при охлаждении. Продукт перекристаллизовывали из смеси изопропилового спирта с ДМФА. Получили 2,39 г (79,7%) кристаллического вещества с т. пл. 240-241 °С.

4-(3-акрилоилтиомочевино)-аминобензойной кислоты (2) синтезирован аналогично соединению (1) из 0,9 г (0,01 моль) хлорангидрида акриловой кислоты и 0,97 г (0,01 моль) роданида калия и 1,37 г (0,01 моль) *n*-аминобензойной кислоты. Получили 1,58 г (63,2%) кристаллического вещества с т. пл. 183-184°С.

4-(3-(4-метилбензоил) тиомочевино)-аминобензойной кислоты (3) синтезирован аналогично соединению (1) из 1,54 г (0,01 моль) *p*-метилбензоилхлорида, 0,97 г (0,01 моль) роданида калия и 1,37 г (0,01 моль) *n*-аминобензойной кислоты. Получили 2,42 г (78%) кристаллического вещества с т. пл. 232-233°С.

4-(3-бутирилтиомочевино)-аминобензойной кислоты (4) синтезирован аналогично соединению (1) из 1 г (0,01 моль) хлорангидрида масляной кислоты и 0,97 г (0,01 моль) роданида калия и 1,37 г (0,01 моль) *n*-аминобензойной кислоты. Получили 1,73 г (69%) кристаллического вещества с т. пл. 213-214°С.

4-(3-метакрилоилтиомочевино)-аминобензойной кислоты (5) синтезирован аналогично соединению (1) из 1 г (0,01 моль) хлорангидрида метакриловой кислоты и 0,97 г (0,01 моль) роданида калия и 1,37 г (0,01 моль) *n*-аминобензойной кислоты. Получили 1,64 г (69%) кристаллического вещества с т. пл. 244-245°С.

Элементный анализ на содержание углерода, водорода и азота определены на элементном анализаторе Elementar Unicube.

ИК-спектры получены на спектрометре "Specord" в таблетках KBr. Диапазон волновых чисел составлял 4000-400 см⁻¹, погрешность определения волновых чисел не превышала 2 см⁻¹.

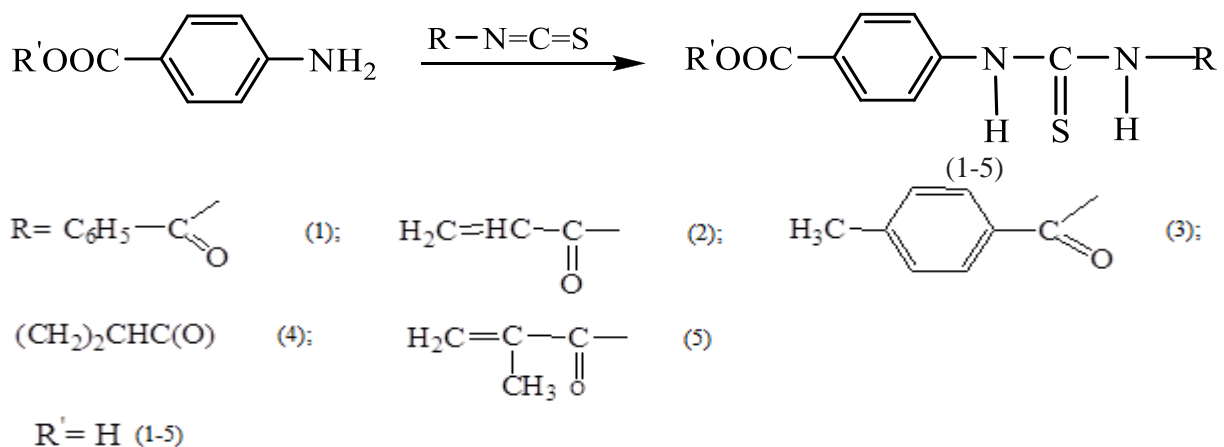
Температуры плавления определяли на нагревательном столике "Voetius".

Контроль за чистотой выделенных продуктов осуществлен с помощью ТСХ на пластинках Silufol UV – 254.

Спектры ЯМР ¹H снимали на спектрометре JNM-ECA Jeol 400 (частота 399.78 и 100.53 МГц соответственно). Химические сдвиги измерены относительно сигналов остаточных протонов дейтерированного растворителя.

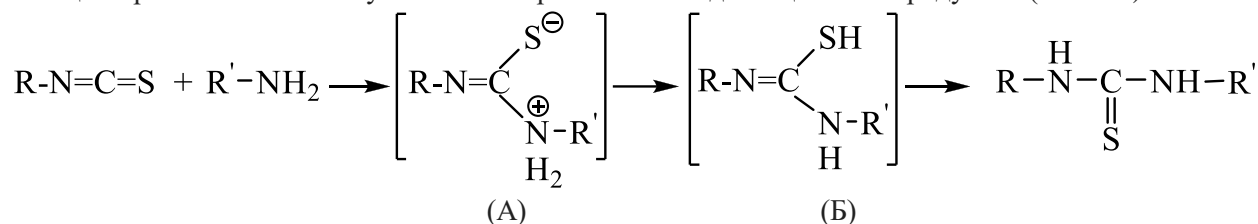
Результаты и обсуждение

С целью поиска новых биологически активных веществ нами изучена реакция *p*-аминобензойной кислоты с различными изотиоцианатами. Установлено, что продуктами этой реакции являются производные тиомочевины на основе *p*-аминобензойной кислоты, которые образуются в результате присоединения амина по связям C = N изотиоцианата.



Раздел 5. «Химия»

Реакция протекает в мягких условиях с хорошими выходами целевых продуктов (60-80%).



Присоединение *p*-аминобензойной кислоты к изотиоцианатам предположительно протекает по следующему механизму: аминогруппа атакует электронодефицитный атом углерода N=C=S группы, образуя биполярный интермедиат (А). Перенос протона от атома азота к сере приводит к образованию изотиомочевины (Б), которая изомеризуется в более стабильную форму – тиомочевину [121].

Синтезированные соединения (1-5) представляют собой белые и светло-желтые кристаллические вещества, растворимые в спирте и ДМФА.

Состав, строение, индивидуальность синтезированных соединений подтверждены данными элементного анализа, тонкослойной хроматографией, ИК- и ПМР-спектроскопии. Физико-химические константы соединений (1-5) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические константы, выходы и данные элементного анализа соединений (1-5)

№ соед.	Выход, %	Т.пл., °С	Найдено, %			Брутто-формула	Вычислено, %		
			С	Н	Н		С	Н	Н
1	79,7	240-241	60,38	3,75	8,94	C ₁₅ H ₁₂ N ₂ O ₃ S	59,99	4,03	9,33
2	63	183-184	53,12	3,71	10,73	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ O ₃ S	52,79	4,03	11,19
3	78	232-233	61,62	3,97	8,44	C ₁₆ H ₁₄ N ₂ O ₃ S	61,13	4,49	8,91
4	69	213-214	54,64	4,97	9,98	C ₁₂ H ₁₄ N ₂ O ₃ S	54,12	5,30	10,52
5	65,1	244-245	54,94	4,12	10,11	C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O ₃ S	54,53	4,58	10,60

В ИК-спектрах синтезированных соединений (1-5) проявляется полоса поглощения в области 1330-1310 см⁻¹, характерная для -NH-CS группы тиосемикарбазидного фрагмента, полосы поглощения амидной группы C(O)NH появляются в области 1690-1675 см⁻¹ и -NH-группы в области 3390-3360 см⁻¹.

При анализе спектра ЯМР ¹H соединений (1-5) наблюдаются характерные сигналы протонов ароматического кольца. Так, сигналы ароматических протонов Н₁ – Н₂ прописываются в области слабых полей: дублет Н₁ при 7,82 м.д., дублет Н₂ при 7,97 м.д. Спектры ЯМР ¹H тиомочевинных производных *p*-аминобензойной кислоты (1-5) приведены в таблице 2.

Таблица 1. Данные спектров ЯМР ¹H тиомочевинных производных *p*-аминобензойной кислоты (1-5)

№ соед.	ЯМР ¹ H спектр, δ, м.д., в ДМСО							
	Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8
1	7,82 д	7,94д	12,94с	12,75с	11,55с	8,1 т	7,68 м	-
2	7,86 д	7,99д	12,93с	12,72с	11,59с	4,08 т	5,95 м	-
3	7,83 д	7,92д	12,93с	12,76с	11,53с	7,97 м	7,28 д	2,60 с
4	7,85д	7,96д	12,95с	12,75с	11,54с	1,28 т	2,26 д.д	-
5	7,85д	7,96д	12,97с	12,76с	11,52с	1,87 с	5,76д.д-	-

Раздел 5. «Химия»

Выводы

По итогам проведенной работы по целенаправленному поиску и синтезу новых производных п-аминобензойной кислоты можно сделать следующие выводы: разработаны методы синтеза новых тиомочевинных производных п-аминобензойной кислоты, взаимодействием исходных реагентов с различными изотиоцианатами, имеющих в своей структуре одновременно карбоксильный, аминный и изотиоцианатные фрагменты, являющиеся основными биофрагментами анальгезирующих, антибактериальных, ростстимулирующих веществ. Установлены оптимальные условия их получения. С использованием современных физико-химических методов (элементный анализ, ИК-, ПМР-спектроскопия) установлена структура синтезированных соединений. Полученные в работе данные о синтезе, механизме образования и структуре производных ПАБК могут быть использованы при целенаправленном поиске новых биоактивных веществ и вносят определенный вклад в теорию органической химии.

Список литературы

- 1 Gravotto G., Cintas P., Power ultrasound in organic synthesis: moving cavitation chemistry from academia to innovative and large-scale applications, *Chemical Society Reviews*, 2006. Vol. 35, No. 2, 180-196. <https://doi.org/10.1039/B503848K>
- 2 Zhakina A.Kh., Gazaliev A.M., Nurkenov O.A., Kurapova M.Y., Synthesis and modification of new derivatives of 4-aminobenzoic acid ethyl ether, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technical sciences*, 2007. No. 6, 88-91.
- 3 Saleh T.S., Abd EL-Rahman N.M., Ultrasound promoted synthesis of substituted pyrazoles and isoxazoles containing sulphone moiety, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2009. Vol. 16, No. 2, 237-242. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasonch.2008.07.012>
- 4 Mokhtar M., Saleh T.S., Ahmed N.S., Al-Thabaiti S.A., Al-Shareef R.A., An eco-friendly N-sulfonylation of amines using stable and reusable Zn-Al-hydrotalcite solid base catalyst under ultrasound irradiation, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2011. Vol. 18, No. 1, 172-176. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasonch.2010.05.001>
- 5 Kolyamshin O.A., Danilov V.A., Koltsov N.I., 4-(3-Dialkylamino-2,5-dioxopyrrolidin-1-yl)benzoic acid esters, *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2007. Vol. 43(3), 393-396. <https://doi.org/10.1134/S1070428007030104>

А.Х. Жакина, С.К. Кабиева, Р.Қ. Жаслан

п-Аминобензой қышқылының модификацияланған туындыларының синтезі және құрылымы

Биологиялық белсенді қасиеттері бар жаңа тиімді препараттарды іздеу химия ғылымының өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Жақында олардың синтез процесін күшейту және химиялық реакциялардың тиімділігін арттыру үшін химиялық модификация қолданылады. Табиғи қосылысты қолдана отырып, биологиялық белсенді қасиеттері бар қосылыстардың синтезі зерттеушілердің қызығушылығын арттырады. Оларды алудың үлкен перспективалары п-аминобензой қышқылы. Бұл мақалада п-аминобензой қышқылының әртүрлі изотиоцианаттармен әрекеттесуі арқылы п-аминобензой қышқылының жаңа модификацияланған туындылары алынды. Реакция өнімдері п-аминобензой қышқылына негізделген тиомочевина туындылары болып табылатыны анықталды, Олар аминнің С = N изотиоцианатпен байланысы арқылы қосылуынан түзіледі. Заманауи физика-химиялық әдістерді (элементтік талдау, ИҚ-, ПМР-спектроскопия) пайдалана отырып, синтезделген қосылыстардың құрылымы белгіленді. п-аминобензой қышқылының құрылымына изотиоцианаттарды енгізу осы қосылыстың модификациясының шекараларын кеңейтеді және жұмыста алынған деректерді жаңа биоактивті заттарды мақсатты іздеуде пайдалануға болады.

Раздел 5. «Химия»

Түйін сөздер: п-аминобензой қышқылы, изотиоцианаттар, модификация, синтез, құрылым, тиомочевина туындылары, биологиялық белсенді заттар

A.Zhakina, S. Kabieva, R. Zhaslan

Synthesis and structure of modified derivatives of p-Aminobenzoic acid

The search for new effective drugs with biologically active properties is one of the urgent problems of chemical science. Recently, chemical modification has been used to intensify the process of their synthesis and increase the efficiency of chemical reactions. Researchers are particularly interested in synthesizing compounds with biologically active properties using a natural compound. P-aminobenzoic acid has great prospects for their production. In this article, new modified derivatives of p-aminobenzoic acid were obtained by reacting p-aminobenzoic acid with various isothiocyanates. It has been established that the reaction products are thiourea derivatives based on p-aminobenzoic acid, which are formed as a result of the addition of amine by C = N isothiocyanate bonds. Using modern physico-chemical methods (elemental analysis, IR, PMR spectroscopy), the structure of the synthesized compounds has been established. The introduction of isothiocyanates into the structure of p-aminobenzoic acid expands the boundaries of modification of this compound and the data obtained in this work can be used in the purposeful search for new bioactive substances.

Keywords: p-aminobenzoic acid, isothiocyanates, modification, synthesis, structure, thiourea derivatives, biologically active substances

References

- 1 Gravotto G., Cintas P., Power ultrasound in organic synthesis: moving cavitation chemistry from academia to innovative and large-scale applications, *Chemical Society Reviews*, 2006. Vol. 35, No. 2, 180-196. <https://doi.org/10.1039/B503848K>
- 2 Zhakina A.Kh., Gazaliev A.M., Nurkenov O.A., Kurapova M.Y., Synthesis and modification of new derivatives of 4-aminobenzoic acid ethyl ether, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technical sciences*, 2007. No. 6, 88-91.
- 3 Saleh T.S., Abd EL-Rahman N.M., Ultrasound promoted synthesis of substituted pyrazoles and isoxazoles containing sulphone moiety, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2009. Vol. 16, No. 2, 237-242. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasonch.2008.07.012>
- 4 Mokhtar M., Saleh T.S., Ahmed N.S., Al-Thabaiti S.A., Al-Shareef R.A., An eco-friendly N-sulfonylation of amines using stable and reusable Zn-Al-hydrotalcite solid base catalyst under ultrasound irradiation, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2011. Vol. 18, No. 1, 172-176. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasonch.2010.05.001>
- 5 Kolyamshin O.A., Danilov V.A., Koltsov N.I., 4-(3-Dialkylamino-2,5-dioxopyrrolidin-1-yl)benzoic acid esters, *Russian Journal of Organic Chemistry*, 2007. Vol. 43(3), 393-396. <https://doi.org/10.1134/S1070428007030104>

Раздел 5. «Химия»

МРНТИ 31.01.05

G.M. Zhumanazarova¹, E.M. Tazhbayev¹, J. Hraníček²¹ Ye.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan² Charles University in Prague, Prague, Czech Republic
(E-mail: gaziza.zhumanazarova@mail.ru)**Environment pH influence on behavior of p-PFP copolymer-based gels with AA and MAA**

This article looks into influence of environment pH change on behavior of polypropylenefumaratephtalate copolymers with acrylic and methacrylic acids. It was found that synthesized gels are stimulus-sensitive polyelectrolyte «smart»-polymers. It was demonstrated that initial polyester molecular mass increase improves expansion rate of copolymers synthesized on its base.

Keywords: unsaturated polyesters, «smart»-polymers, expansion, collapse, acrylic acid, methacrylic acid, polypropylenefumaratephtalate.

Introduction

Some of promising chemicals for creating polymer compounds are unsaturated polyesters which are products of polyatomic alcohols and polybasic acids polycondensation. Main feature of unsaturated polyesters is ability to easily enter into copolymerization reaction (cure) with vinyl monomers (styrene, methylmethacrylate etc.) at room temperature without high pressure as well as without emission of volatiles and other byproducts [1-5]. This being said, there are almost no references on unsaturated polyesters and ionogenic monomers copolymer synthesis.

Previously the authors have published a number of works on polymeric gels synthesis based on unsaturated polyesters with several ionogenic monomers of vinyl type [6-12]. Due to high sensitivity to external conditions change these copolymers qualify as «smart»-systems, which suggests prospects of carrying out further research in this area.

Experimental

Synthesis of initial polypropylenefumaratephtalate (p-PFP) and copolymers based on it and acrylic acid (AA) is described in works [13]. Copolymerization with methacrylic acid (MAA) was performed in identical conditions.

In order to determine copolymers expansion rate considering impact of acidic/alkaline environment properties we prepared buffer solutions with various pH levels. Equilibrial expansion rate of copolymers based on p-PFP with AA and MAA in solutions with various pH levels was defined by gravimetric method. To do this, a copolymer sample weight was prepared and then exposed in a buffer solution (pH 2–9) until fixed mass was reached. Equilibrial expansion rate of copolymer samples was calculated according to the formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n},$$

where n – number of measurements;
X_i – outcome of i-th measurement;
i – measurement ordinal number.

Раздел 5. «Химия»

Result and discussion

Due to polymeric gels ability to react to even slightest changes of environment by switching to expanded or collapsed state their use is defined as that of «smart»-polymers [14]. This being said, «smart»-systems may expand, collapse or express both types of behavior under outside impact depending on chemical composition [15].

Reference sources suggest that ionogenic hydrogels are notable for high sensitivity to outside solution pH change. This way, gels containing acidic groups in their polymeric chain expand in alkaline environment and collapse in acidic environment. On the contrary, gels with basic groups in their polymeric chain expand at solution's lower pH values and collapse in alkaline environment [16].

Figures 1 and 2 show experimental data of studying environment pH impact on behavior of p-PFP:AA and p-PFP:MAA copolymers while changing initial p-PFP molecular mass.

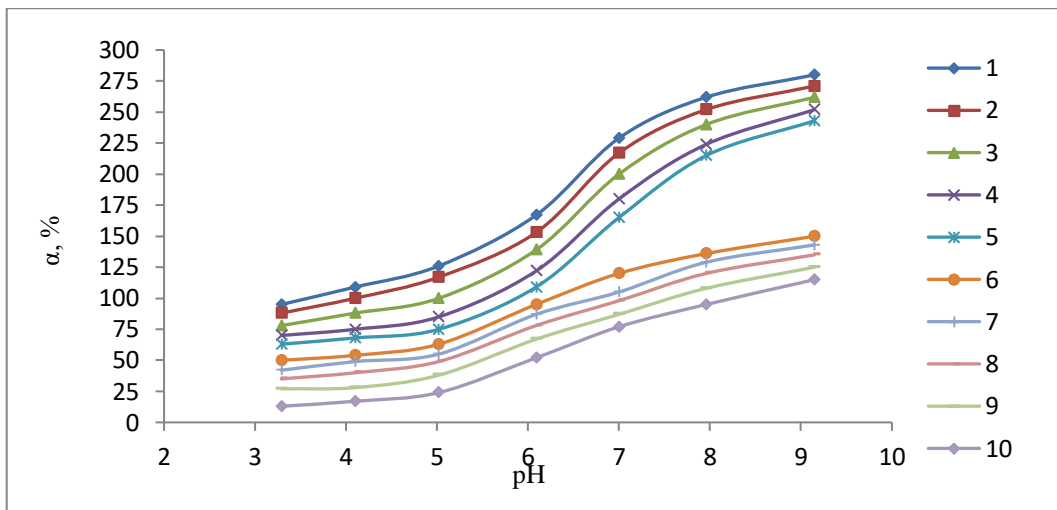
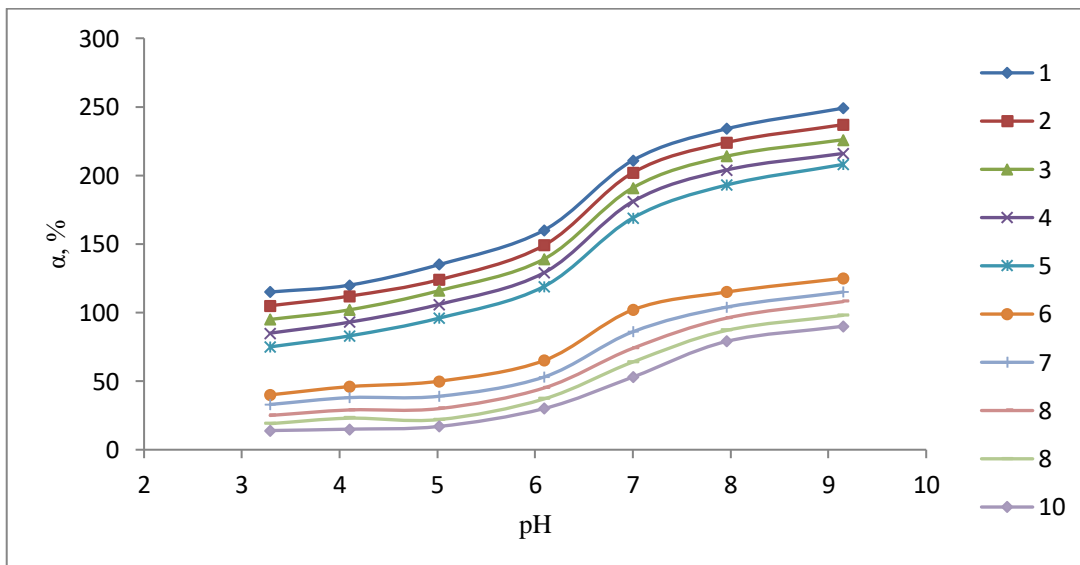


Figure 1. Dependency of p-PFP:AA expansion rate on environment pH

1 – 6,77:93,23; 2 – 20,34:79,66; 3 – 44,17:55,17; 4 – 68,42:31,58; 5 – 86,67:13,33;
6 – 6,77:93,23; 7 – 20,34:79,66; 8 – 44,17:55,17; 9 – 68,42:31,58; 10 – 86,67:13,33;
1-5: $M_w=2500$, 6-10: $M_w=9000$.



Раздел 5. «Химия»

Figure 2. Dependency of p-PFP:MAA expansion rate on environment pH

1 – 6,65:93,35; 2 – 19,25:80,75; 3 – 42,09:57,9; 4 – 69,17:30,83; 5 – 89,98:10,02;
 6 – 6,65:93,35; 7 – 19,25:80,75; 8 – 42,09:57,9; 9 – 69,17:30,83; 10 – 89,98:10,02;
 1-5: $M_w=2500$, 6 –10: $M_w=9000$.

Primary aspect that influences dependency of p-PFP and AA/MAA copolymers expansion ability on solution pH and its curve flow is comonomer nature. This way, electrostatic repulsion of likely charged carboxylic groups covalently attached to primary polymeric chain in synthesized polymers appearing as a result of their ionization facilitates polymeric grid expansion in alkaline environment. On the contrary, in case of outside solution's lower pH acidic groups ionization inhibition occurs, which facilitates gel switching to compact conformation, i.e. gel sample collapses. Such behavior is typical for polyelectrolytic gels.

It should be noted that p-PFP copolymers with initial polyester molecular mass ~9000 a.m.u. display higher sorptive capacity comparing to similar parameters for p-PFP and AA/MAA copolymers with initial polyester molecular mass ~2500 a.m.u.

Conclusion

This way, carried out research show high sensitivity of synthesized polypropylenefumaratephthalate and acrylic/methacrylic acid copolymers to environment pH change, which makes them available for use as «smart»-systems.

Dedication:

Dedicated to the memory of Meiram Burkeev, who passed away while pursuing his scientific studies.

References

- 1 Kandelbauer, A., Tondi, G., Zasko, O.C., & Goodman, S.H. (2014). In Handbook of Thermoset Plastics. San Diego: William Andrew, 111.
- 2 Andreas Kandelbauer, Gianluca Tondi, & Sidney H. Goodman. (2014). Unsaturated Polyesters and Vinyl esters. In Handbook of Thermoset Plastics, 3rd edition. Hanna Dodiuk, Sydney H Goodman (eds.). – San Diego: William Andrew Publications, 111-172.
- 3 Yasko, A.W., He, S., Engel, P.S., Yaszemski, J.M., & Mikos, A.G. (2000). Injectable biodegradable polymer composites based on poly(propylenefumarate) with poly(ethylene glycol)-dimethacrylate. *Biomaterials*, 21, 2389-2394.
- 4 Sarsenbekova, A. Zh., Kudaibergen, G.K., & Burkeev, M.Zh. (2019). Comparative analysis of the Thermal Decomposition Kinetics of Polyethylene Glycol Fumarate-Acrylic Acid Copolymers. *Russian journal of physical chemistry*, 7. 93. 1252-1257.
- 5 Pot, U. (2009). *Poliefiry I alkidnye smoly* [Polyesters and alkyd resins]. M.: KTC [in Russian].
- 6 Koliago, G.G. & Struk, V.A. (1990). *Materialy na osnove nenasytchennykh poliefirov* [Materials based on unsaturated polyesters]. Minsk: Nauka I tekhnika [in Russian].
- 7 Filippova, O.E. (2000). «Vospriimchivye» polimernye geli [«Susceptible» polymer gels]. *Vysokomolekuliarnye soedineniia. - Polymer Science*, 42, 12, 2328-2352 [in Russian].
- 8 Holland, T.A., Tabata, Y., & Mikos, A.G. (2003). In vitro release of transforming growth factor-beta 1 from gelatin microparticles encapsulated in biodegradable, injectable oligo(poly(ethylene glycol) fumarate) hydrogels. *J Control Release*, 91, 299–313.
- 9 Burkeev, M.Zh., Tazhbaev, E.M., & Burkeeva G.K. et al. (2013). Effect of External Factors on the Swelling of Hydrogels Dased on Poly(ethylene glycol) Maleate with Some vinyl Monomers. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 1. 86, 63–68

Раздел 5. «Химия»

10 Tazhbayev, E.M., Mustafin, E.S., & Burkeev, M.Zh. et al. (2006). Enthalpy of swelling of crosslinked copolymers of acrylic acid beta-vinylxyethylamide in water and ethanol - Russian journal of physical chemistry, 8,80, 1300-1304.

11 Burkeev, M.Zh., Tazhbaev, E.M., Burkeeva, G.K., & Kovaleva, A.K. (2015). Nanocatalytic Systems Based on Poly(ethylene glycol maleate) – Acrylamide Copolymers. Russian Journal of Applied Chemistry, 2, 88, 314-319.

12 Burkeev, M.Zh., & Tazhbayev, Ye.M. et al. (2019). Constants and parameters of radical copolymerization of poly(propylene glycol fumarate) with acrylic acid. Bulletin of University of Karaganda. Series «Chemistry», 1, 93, 32-37.

13 Burkeev, M.Zh., Zhumanazarova G.K., & Zhakupbekova E.Zh. et al. (2020). Poly(propylene fumarate phthalate) and acrylic acid radical copolymerization constants and parameters. Bulletin of the Karaganda university. Series «Chemistry», 1, 97, 68-74.

14 Burkeev, M.Zh., Kudaibergen, G.K., & Burkeeva, G.K. et al. (2018). The number average and mass average molar masses of polyethylene (propylene)glycol fumarates. Bulletin of University of Karaganda. Series «Chemistry», 2, 90, 17-22.

15 Golbert, K.A., & Vigdergauz, M.S. (1990). Vvedeniye v gazovuyu khromatografiyu [Introduction to Gas Chromatography]. M.: Khimiya [in Russian].

16 Zolotov, Yu.A., Dorokhova, E.N., & Fadeeva, V.I. (2000). Fiziko-khimicheskiye metody analiza [Physico-chemical methods of analysis]. M.: Vysshaya shkola [in Russian].

Г.М. Жуманазарова, Е.М. Тажбаев, Я.Граничек

Қанықпаған полиэфирлі шайырлар негізіндегі сополимерлерге рН мәнінің әсерін зерттеу

Бұл мақалада ортаның рН өзгеруінің акрил және метакрил қышқылдарымен полипропилен фумараты фталатының сополимерлерінің мінез-құлқына әсері қарастырылады. Бізбен синтезделген гелдер ынталандыруға сезімтал полиэлектролиттік «ақылды» полимерлер екені анықталды. Бастапқы полиэфирдің молекулалық массасының ұлғаюы оның негізінде синтезделген сополимерлердің ісіну дәрежесін арттыратыны көрсетілген.

Түйін сөздер: Қанықпаған полиэфирлер, «smart»-полимерлер, ісіну, коллапс, акрил қышқылы, метакрил қышқылы, полипропиленфумаратфталат.

Г.М. Жуманазарова, Е.М. Тажбаев, Я.Граничек

Исследование влияния внешних факторов на сополимеры на основе ненасыщенных полиэфирных смол

В данной статье рассмотрено влияние изменение рН среды на поведение сополимеров полипропиленфумаратфталата с акриловой и метакриловой кислотами. Установлено, что синтезированные нами гели являются стимулчувствительными полиэлектролитными «smart»-полимерами. Показано, что увеличение молекулярной массы исходного полиэфира повышает степень набухания синтезированных на его основе сополимеров.

Ключевые слова: ненасыщенные полиэфирсы, «smart»-полимеры, набухание, коллапс, акриловая кислота, метакриловая кислота, полипропиленфумаратфталат.

Раздел 5. «Химия»

References

- 1 Kandelbauer A., Tondi G., Zasko O.C. Goodman S.H. In Handbook of Thermoset Plastics. – San Diego: William Andrew, 2014.- 111 p.
- 2 Andreas Kandelbauer, Gianluca Tondi, and Sidney H. Goodman. Unsaturated Polyesters and Vinyl esters. In Handbook of Thermoset Plastics, 3rd edition. Hanna Dodiuk, Sydney H Goodman (eds.). – San Diego: William Andrew Publications, 2014. – P. 111-172.
- 3 Yasko A.W., He S., Engel P.S., Yaszemski J.M., Mikos A.G. Injectable biodegradable polymer composites based on poly(propylene fumarate) with poly(ethylene glycol)-dimethacrylate // Biomaterials. - 2000. №21. –P. 2389-2394.
- 4 Sarsenbekova A. Zh., Kudaibergen G.K., Burkeev M.Zh. Comparative analysis of the Thermal Decomposition Kinetics of Polyethylene Glycol Fumarate-Acrylic Acid Copolymers // Russian journal of physical chemistry. -2019. №7 (93). – P. 1252-1257.
- 5 Пот У. Полиэфирсы и алкидные смолы. – М.: КТС, 2009. – 380 с.
- 6 Коляго Г.Г., Струк В.А. Материалы на основе ненасыщенных полиэфиров. – Минск: Наука и техника, 1990. – 143 с.
- 7 Филиппова О.Е. «Восприимчивые» полимерные гели // Высокомолекулярные соединения. – 2000. – Т. 42, № 12. – С. 2328-2352.
- 8 Holland T.A., Tabata Y., Mikos A.G. In vitro release of transforming growth factor-beta 1 from gelatin microparticles encapsulated in biodegradable oligo(poly(ethylene glycol) fumarate) hydrogels // J Control Release. -2003. -№91. –P. 299-313.
- 9 Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K. et al. Effect of External Factors on the Swelling of Hydrogels Dased on Poly(ethylene glycol) Maleate with Some vinyl Monomers // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2013. - № 1 (86). - P. 63–68
- 10 Tazhbayev E.M., Mustafin E.S., Burkeev M.Zh. et al. Enthalpy of swelling of crosslinked copolymers of acrylic acid beta-vinylxyethylamide in water and ethanol // Russian journal of physical chemistry. – 2006. - №8 (80). – P. 1300-1304.
- 11 Burkeev M.Zh., Tazhbaev E.M., Burkeeva G.K., Kovaleva A.K. Nanocatalytic Systems Based on Poly(ethylene glycol maleate) – Acrylamide Copolymers // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2015. – №2 (88). – P. 314-319.
- 12 Burkeev M.Zh., Tazhbayev Ye.M. et al. Constants and parameters of radical copolymerization of poly(propylene glycol fumarate) with acrylic acid // Bulletin of University of Karaganda. Series «Chemistry». – 2019. - № 1 (93). –P. 32-37.
- 13 Burkeev M.Zh., Zhumanazarova G.M., Kudaibergen G.K. et. al. Poly(propylene fumarate phthalate) and acrylic acid radical copolymerization constants and parameters // Bulletin of the Karaganda university. Series «Chemistry». – 2020. -№ 1 (97). –P. 68-74.
- 14 Burkeev M.Zh., Kudaibergen G.K., Burkeeva G.K. et. al. The number average and mass average molar masses of polyethylene (propylene)glycol fumarates // Bulletin of University of Karaganda. Series «Chemistry». – 2018. -№ 2 (90). –P. 17-22.
- 15 Гольберт К.А., Вигдергауз М.С. Введение в газовую хроматографию. – М.: Химия, 1990. – 352 с.
- 16 Золотов Ю.А., Дорохова Е.Н., Фадеева В.И. Физико-химические методы анализа. [Под ред. Ю.А.Золотова]. – М.: Высш. шк., 2000. – 356 с.

Раздел 5. «Химия»

МРНТИ 31.21.27.

Фазылов С. Д.¹, Нуркенов О. А.^{1,3}, Бакирова Р. Е.², Кабиева С. К.³, Мендибаева А. Ж.²¹ Институт органического синтеза и углекислотной химии РК, Караганда, Казахстан² Медицинский университет Караганды, Казахстан³ Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
(E-mail.ru: kabieva.s@mail.ru)**Некоторые механизмы ингибирующей активности N'-замещенных гидразонов 2(4)-гидроксибензойной и изоникотиновой кислот в отношении эластазы нейтрофилов человека**

В результате исследований *in vitro* на противовоспалительную и цитотоксическую активности на культурах человеческих моноцитарных линий клеток *MonoMac-6* и *THP-1Blue* установлено, что среди новых N'-замещенных гидразонов, синтезированных на основе 2(4)-гидроксибензойной и изоникотиновой кислот, выявлены соединения, способные подавлять липополисахарид (ЛПС)-индуцированную продукцию провоспалительных цитокинов IL-6 и TNF в клетках *MonoMac-6*. По способности гидролизовать синтетический субстрат *N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin (Calbiochem)* установлена ингибирующая активность в отношении эластазы нейтрофилов человека N'-замещенных гидразонов на основе 2(4)-гидроксибензойной кислоты.

Ключевые слова: N'-замещенные гидразоны, 2- и 4-гидроксибензойная, N-морфолилуксусная и изоникотиновая кислоты, противовоспалительная активность, цитотоксичность.

Введение

Одним из методов создания новых биологически активных соединений является модификация известных лекарственных препаратов. Среди лекарственных средств имеются гидразиды изоникотиновой кислоты и ее производные, нашедшие применение в медицине в качестве противотуберкулезных препаратов и антидепрессантов [1]. Высокоэффективные биологически активные соединения найдены среди производных гидразидов 2-аминобензойной [2], никотиновой [3], цинхониновой кислот [4], проявляющие антимикробную, противовоспалительную, противосудорожную активность. В связи с этим дальнейший поиск фармакологически активных соединений среди гидразидов пиридин- и хинолинкарбоновых кислот и/или близких им по структуре соединений, является актуальным. Оценка противовоспалительных и цитотоксических эффектов потенциально биоактивных субстанций является необходимым этапом исследования их на доклиническом этапе в рамках системы GLP [5, 6].

При проведении скрининга новых биологически активных соединений в последние годы все чаще обосновываются предложения о разумном сочетании экспериментов *in vivo*, *in vitro* и *in silico* (компьютерное моделирование) для оптимизации оценки биологической активности веществ. Следует отметить важность исследований *in vitro* с этической точки зрения, так как это позволяет уменьшить количество используемых животных для биологического тестирования. В настоящее время существует тысячи различных тест-систем для исследований *in vitro*: 1) изолированные перфузируемые органы; 2) тканевые срезы; 3) клеточные культуры/суспензии; 4) изолированные органеллы/мембраны/ферменты; 5) системы беспозвоночных; 6) non-living системы; 7) компьютерные модели. Наиболее простыми и доступными системами являются монослойные клеточные культуры [7, 8].

В работе представлены результаты изучения *in vitro* новых N'-замещенных гидразонов, синтезированных на основе 2(4)-гидроксибензойной, N-морфолилуксусной и изоникотиновой кислот на

Раздел 5. «Химия»

противовоспалительную и цитотоксическую активности на культурах человеческих моноцитарных линий клеток *MonoMac-6* и *THP-1Blue*.

Методы синтеза и данные по изучению структуры и физико-химических свойств N'-замещенных гидразонов на основе 2- и 4-оксибензойной Ia-p, N-морфолинилуксусной Па-е и изоникотиновой III кислот (табл. 1) опубликованы в наших более ранних работах [9-12].

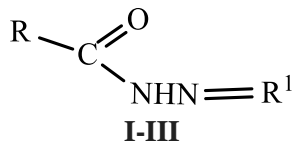
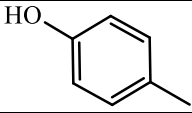
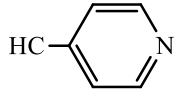
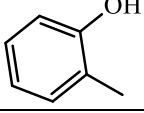
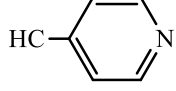
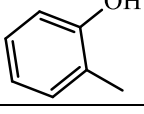
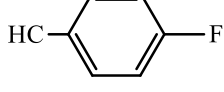
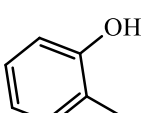
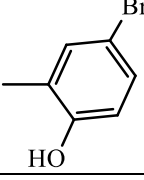
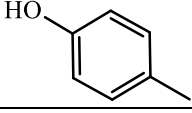
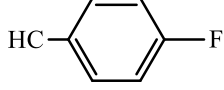
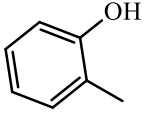
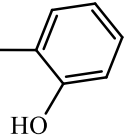
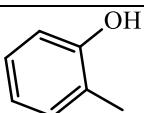
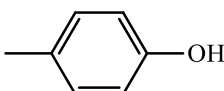
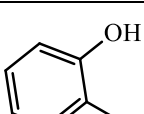
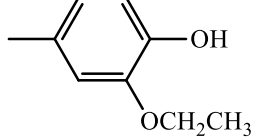
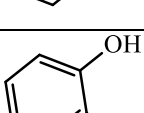
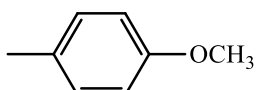
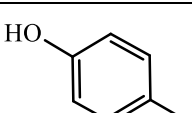
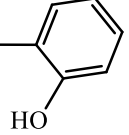
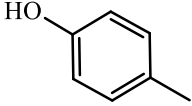
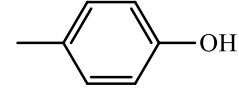
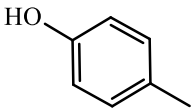
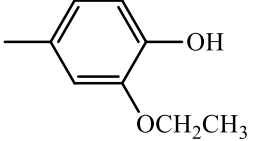
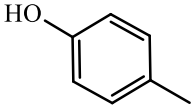
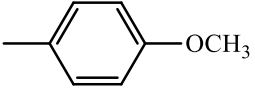
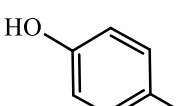
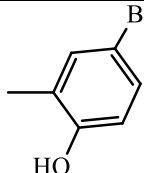
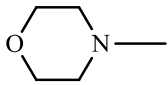

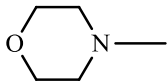
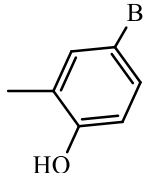
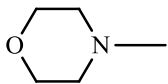
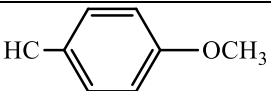
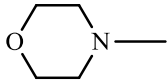
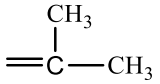
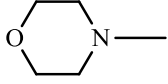
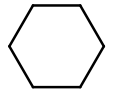
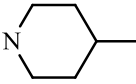
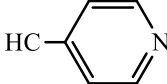


Таблица 1. N'-замещенные гидразоны 2- и 4-гидроксибензойной Ia-p, N-морфолилуksусной Па-е и изоникотиновой III кислот

Соединение	Название соединения	R	R ¹
Ia	4-гидрокси-N'-(пиридин-4-ил-метилден)бензогидразид		
Ib	2-гидрокси-N'-(пиридин-4-ил-метилден)бензогидразид		
Ic	N'-(4-фторбензилиден)-2-гидроксибензогидразид		
Id	N'-(5-бром-2-гидроксибензилиден)-2-гидроксибензогидразид		
Ie	N'-(4-фторбензилиден)-4-гидроксибензогидразид		
If	2-гидрокси-N'-(2-гидроксибензилиден)бензогидразид		
Ig	2-гидрокси-N'-(4-гидроксибензилиден)бензогидразид		
Ih	N'-(3-этокси-4-гидрокси-бензилиден)-2-гидроксибензогидразид		
Ii	2-гидрокси-N'-(4-метоксибензилиден)бензогидразид		
Ij	4-гидрокси-N'-(2-гидроксибензилиден)бензогидразид		

Раздел 5. «Химия»

Ik	4-гидрокси-N'-(4-гидрокси-бензилиден)бензогидразид		
Im	N'-(3-этокси-4-гидроксибензилиден)-4-гидроксибензогидразид		
In	4-гидрокси-N'-(4-метокси-бензилиден)бензогидразид		
Ip	N'-(5-бром-2-гидроксибензилиден)-4-гидроксибензогидразид		
Па	N'-(4-фторбензилиден)-2-морфолиноацетогидразид		
Пб	N'-(5-бром-2-гидрокси-бензилиден)-2-морфолино-ацетогидразид		
Пс	N'-(4-метоксибензилиден)-2-морфолиноацетогидразид		
Пд	2-морфолино-N'-(пропан-2-илиден)ацетогидразид		
Пе	N'-циклогексилиден-2-морфолиноацетогидразид		
Пж	N'-(пиридин-4-ил-метил)-изоникотиногидразид		

Экспериментальная биологическая часть

Соединения Ia-e, Па-е и Пж были исследованы на противовоспалительную и цитотоксическую активности (*in vitro*) на культурах человеческих моноцитарных линий клеток *MonoMac-6* и *THP-1Blue*, соединения Ia-d, f-p и Па-с – на ингибирующую активность в отношении фермента эластазы нейтрофилов (ЕС 3.4.21.37) по методам, описанным в работе [13]. Противовоспалительный эффект был оценен по способности соединений подавлять липополисахарид (ЛПС)-индуцированную продукцию провоспалительных цитокинов интерлейкина-6 (IL-6) и фактора некроза опухоли (TNF) в клетках *MonoMac-6*, а также *NF-κB*-зависимой продукции щелочной фосфатазы (ЩФ) в трансфицированных клетках *THP-1Blue*. Клетки были обработаны соединением в течение 30 мин, затем в культуру клеток был добавлен ЛПС в количестве 0,5 мкг/мл. Цитокины были измерены в супернатантах клеток при помощи иммуноферментного метода (ELISA). Уровень цитокинов или ЩФ были оценены после 24-часовой инкубации (препарат сравнения - хемилуминесцентный набор CellTiter-Glo). Продукция ЩФ была измерена при помощи специфического субстрата Quanti-Blue™. Активность эластазы нейтрофилов человека (ЕС 3.4.21.37) была оценена по способности соединений гидролизовать синтетический субстрат *N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin* (*Calbiochem*) (препарат сравнения). Образование флуоресцирующего продукта измерялось при возбуждении 355 нм и испускании 460 нм на приборе FluoroskanAscent FL.

Раздел 5. «Химия»

Результаты и обсуждения

Эффективная концентрация соединений, вызывающая подавление ответа на 50% (IC_{50}) была найдена при помощи регрессионного анализа с использованием дозо-зависимых кривых (не менее 5-ти концентраций). Статическую обработку данных проводили по t -критерию Стьюдента [14]. Эффект считали достоверным при $p \leq 0,05$. Результаты опытов статистически обработаны и приведены в табл. 2

Экспериментальные исследования по изучению противовоспалительной, цитотоксической и ингибирующей активности в отношении эластазы нейтрофилов человека новых гидразонов проведены в Department of Immunology and Infectious Diseases, Montana State University, Bozeman, Montana 59717, United States. Авторы выражают благодарность доктору PhD Шепеткину И.А. за помощь в проведении скрининговых исследований.

Таблица 2. Влияние соединений Ia-e, Pa-e и III на ЛПС-индуцированную продукцию цитокинов (TNF и IL-6) и щелочной фосфатазы (ЩФ) в культуре клеток и оценка их цитотоксичности. Ингибирующая активность гидразонов Ia-d, f-p и Pa-c в отношении эластазы нейтрофилов человека (EC 3.4.21.37)

Соединение	MonoMac-6 cells			THP-1Blue cells		EC 3.4.21.37
	TNF	IL-6	Токсичность	ЩФ	Токсичность	
	IC_{50} , μM					
Ia	35,5	N.A. ^a	N.T. ^a	N.A.	N.T.	N.A. ^a
Ib	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	N.A.
Ic	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	N.A. ^b
Id	N.A.	0,11	N.T.	N.A.	N.T.	33,3
Ie	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	...
If	...	...	...	...	...	N.A.
Ig	...	...	...	...	...	97,8
Ih	...	...	...	...	...	78,8
Ii	...	...	...	...	...	N.A.
Ij	...	...	...	...	...	N.A.
Ik	...	...	...	...	...	N.A.
Im	...	...	...	...	...	64,0
In	...	...	...	...	...	N.A.
Ip	...	...	...	...	...	N.A.
Pa	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	N.A.
Pb	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	N.A. ^c
Pc	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	N.A.
Pd	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	...
Pe	N.A.	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	...
III	49,3	N.A.	N.T.	N.A.	N.T.	...

^a – N.A. и N.T. - нет подавления продукции или цитотоксичности, активности фермента при концентрациях $< 100 \mu M$; ^b – соединение быстро гидролизуется, что сопровождается либо снижением, либо увеличением собственной флюоресценции при 460 нм; ^c – соединение имеет высокий уровень собственной флюоресценции.

Воспалительный процесс может быть задействован различными путями, в том числе инфекцией, повреждением ткани, аутоиммунными реакциями и др. На уровне организма характер и механизм действия лекарственного агента на воспалительный процесс очень сложен, поскольку конечный эффект цитотоксического действия агента на клетки может зависеть от процессов его транспорта в крови или лимфе, трансмембранного переноса, особенностей организации тканей и органов, характера рецепторного и неспецифического связывания с молекулами-мишенями, степени адекватности систем защиты клетки [15, 16].

Раздел 5. «Химия»

В зависимости от силы и мишени воздействия агента возможна широкая гамма изменений, ограниченная с одной стороны цитостатическим эффектом, нарушающим прохождение клетки по клеточному циклу, а с другой стороны – цитоцидным эффектом, ведущим клетку к гибели [17]. Если рассматривать клеточную гибель как конечный результат цитотоксического действия агентов, то под цитотоксичностью понимают разнообразные нарушения, имеющие на одном фланге запуск механизмов апоптоза, а на противоположном – включение процессов некроза [18-20].

Из данных, представленных в табл. 2 следует, что испытанные соединения Ia-e, Па-e и III, проявили противовоспалительный эффект только по отношению провоспалительных цитокинов интерлейкина-6 (IL-6) и фактора некроза опухоли (TNF) в клетках *MonoMac-6*. Соединение Id не обладает цитотоксичностью, но в низких концентрациях (IC₅₀ 0,11 μM) способно подавлять продукцию IL-6, но не TNF. Это свойство представляется очень интересным, так как продукция IL-6 и TNF в клетках регулируется различными механизмами. Соединения Ia и III также не имеют цитотоксического эффекта, но обладают слабой активностью (IC₅₀ 35,5 и 49,3 μM), проявляющейся в подавлении продукции провоспалительного цитокина TNF. Аналоги соединений Ia и III могут быть рекомендованы для изучения их активности в противовоспалительных тестах.

Изучение ингибирующей активности соединений Ia-d, f-p и Па-с в отношении фермента эластазы нейтрофилов (ЕС 3.4.21.37) показало, что только гидразон Id проявил небольшую активность с IC₅₀ около 30 μM. Гидразоны Ig, Ih и Im были менее активны (IC₅₀ от 60 до 100 μM). Что касается исследований по ингибированию фермента эластазы гидразонами Ic и IIb, быстрый их гидролиз не позволяет сделать корректную регистрацию кинетики реакции гидролиза флуоресцентного субстрата *N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin* ферментом эластазы при тех же параметрах флуоресценции (λ_{ex}=355 нм, λ_{em}=460 нм).

Гидролиз гидразонов протекает с различной скоростью и сопровождается изменением спектров флуоресценции растворов. Некоторые гидразоны имеют достаточно сильную флуоресценцию, которая исчезает с различной скоростью (в зависимости от соединения) за счет спонтанного гидролиза гидразонов. Хотя гидразон IIb достаточно стабилен в течение 5 мин, необходимых для регистрации ферментативной реакции, но он имеет высокую базовую аутофлуоресценцию, что также негативно влияет на корректную регистрацию кинетики реакции. Кинетика спектров флуоресценции гидразонов Ic и IIb, которые выше отмечены как соединения с высоким уровнем собственной флуоресценции, были записаны на приборе Perkin Elmer LS50B при λ_{ex}=355 нм.

Гидразон Ic имеет специфический пик флуоресценции при λ_{em}=475 нм, в водной среде Ic практически полностью гидролизует за 60 мин, что сопровождается снижением флуоресценции в области 460-475 нм (рис. 1А). Гидразон IIb имеет специфический пик флуоресценции при λ_{em}=489 нм. В водной среде IIb гидролизует медленно, что также сопровождается снижением флуоресценции (рис. 1В).

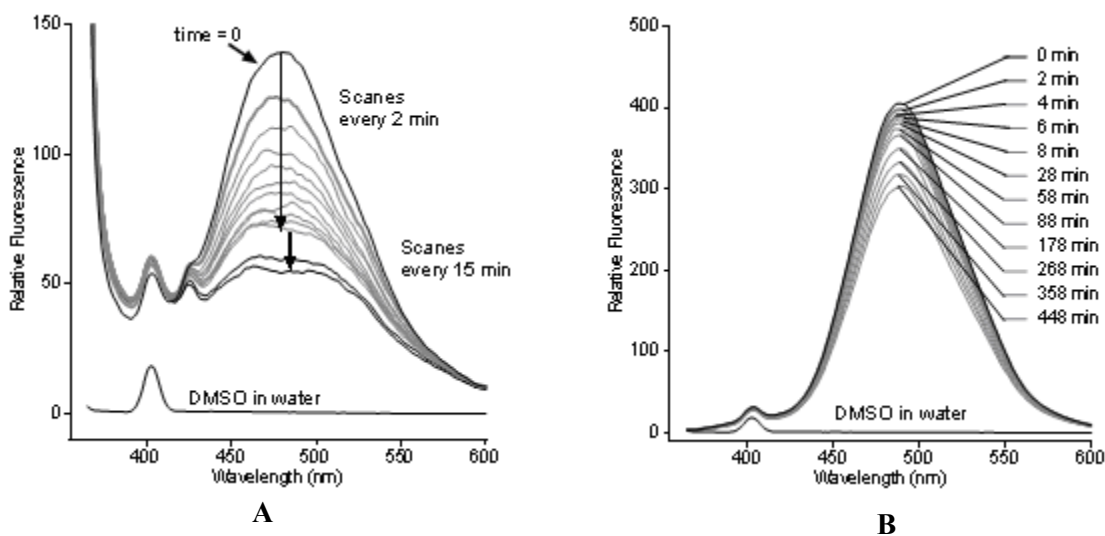


Рисунок 1. Кинетика спектров флуоресценции *N'*-замещенных гидразонов Ic и IIb (25 μM раствор в воде с 0,25% DMSO) при λ_{ex}=355 нм (ширина щелей 5 нм). А. Спектры Ic снимались первые 20 мин

Раздел 5. «Химия»

каждые 2 мин; последние 2 спектра снимались с интервалом 15 мин. В. Спектры *IIIb* снимались в указанное время после добавления его в воду.

Таким образом, в ходе проведенных исследований на противовоспалительную и цитотоксическую активности на культурах человеческих моноцитарных линий клеток *MonoMac-6* и *THP-1Blue* установлено, что среди новых N'-замещенных гидразонов, синтезированных на основе 2(4)-гидроксibenзойной и изоникотиновой кислот, выявлены соединения, способные подавлять липополисахарид (ЛПС)-индуцированную продукцию противовоспалительных цитокинов IL-6 и TNF в клетках *MonoMac-6*. Это свойство представляется очень интересным, так как продукция IL-6 и TNF в клетках регулируется различными механизмами. По способности гидролизовать синтетический субстрат *N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin* (*Calbiochem*) установлена ингибирующая активность в отношении эластазы нейтрофилов человека N'-замещенных гидразонов на основе 2(4)-гидроксibenзойной кислоты. Испытанные соединения рекомендованы для изучения их активности в других противовоспалительных тестах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP14869941).

Список литературы

- 1 О.А. Nurkenov, Zh.B. Satpaeva, S.D. Fazylov, A.M. Gazaliev, *N-Acylhydrazides and Their Derivatives*, Glacir, Karaganda, 2017, 144с. (ISBN 978-601-7836-94-8)
- 2 L. Popolek, A. Biernasik, A. Berecka, A. Gumieniczek, A. Malm, M. Wules, *New hydrazide-hydrazones of isonicotinic acid: synthesis, lipophilicity and in vitro antimicrobial screening*, *Chemical biology and drug design*, 91 (2018) 915. (<https://doi.org/10.1111/cbdd.13158>)
- 3 М.Е. Коньшин, Б.Я. Сыропятов, А.Л. Ефремов и др., *Хим.-фарм. журн.*, 45(8), 26 – 27 (2011).
- 4 М.В. Павлова, А.И. Михалев, М.Е. Коньшин и др., *Хим.-фарм. журн.*, 33(8), 18 – 19 (1999).
- 5 J.E. Sherwin, J.R. Sobenes, in: *Clinical Chemistry. Theory, analysis, and correlation*, L.A. Kaplan, A.J. Pesce, and S.C. Kazmierczak (eds.), Mosby Year Book, St. Louis Missouri (1996), pp. 505 – 527.
- 6 А.С. Tweedale, *J. Epidemiol. Community Health.*, 65(6), 475 – 476 (2011).
- 7 М.Ю. Еропкина, Е.М. Еропкина, *Культуры клеток как модельная система исследования токсичности и скрининга цитопротекторных препаратов*, Морсар АВ, Санкт-Петербург (2003), с. 23.
- 8 С.Г. Романова, Г.А. Серебrenникова, А.А. Штиль, *Вестник МИТХТ*, 3(5), 101 – 105 (2008).
- 9 С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Т.С. Животова и др., *Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология*, № 1, 6 – 13 (2013).
- 10 Ж.Б. Сатпаева, О.А. Нуркенов, С.Д. Фазылов и др., *Тез. докл. II Межд. Казахстанско-Российской конф. по химии и хим. технологии*, Караганда (2012), 1, сс. 448 – 450.
- 11 О.А. Нуркенов, С.Д. Фазылов, Ж.Б. Сатпаева и др., *Журн. общей химии*, 84(9), 1574 – 1576 (2014).
- 12 С.Д. Фазылов, Д.П. Хрусталеv, Г.Т. Хамзина и др., *Вестник КазНУ*, 2, 46 – 49 (2008).
- 13 L. Crocetti, I.A. Schepetkin, A. Cilibrizzi, et al., *J. Med. Chem.*, 56, 6259-6272 (2013).
- 14 М.Л. Беленький, *Элементы количественной оценки фармакологического эффекта*, Медицинская литература, Ленинград (1963).
- 15 Е.О. Данченко, *Иммунопатология, аллергология, инфектология*, № 2, 22 – 31 (2012).
- 16 P.J. Johnson, in: *Clinical Biochemistry. Metabolic and Clinical Aspects*, W. J. Marshall and S. K. Bangert (eds.), Churchill livingstone, London (1995), pp. 237 – 256.
- 17 M.G. Sturgill and G.H. Lambert, *Clinical Chemistry*, 43(8B), 1512 – 1526 (1997).
- 18 С.В. Thompson, *Science*, 267, 1457-1462 (1995).
- 19 А.А. Ярилин, *Иммунология*, № 6, 10 – 23 (1996).
- 20 С.Е. Северин, А.В. Родина, *Успехи биологической химии*, 46, 43 – 64 (2006).

Раздел 5. «Химия»

С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Р.Е.Бакирова, С.К. Кабиева, А.Ж. Мендибаева

Адамның нейтрофил эластазасына қатысты N' алмастырылған гидразондардың 2(4)-гидроксибензой және изоникотин қышқылдарының ингибиторлық белсенділігінің кейбір механизмдері

МоноMac-6 және THP-1Blue жасушаларының адам моноциттік желілерінің дақылдарындағы қабынуға қарсы және цитоуыттылық белсенділікке *in vitro* зерттеулер нәтижесінде 2(4)-гидроксибензой және изоникотин қышқылдары негізінде синтезделген жаңа N'-алмастырылған гидразондар арасында липополисахаридті (ЛПС) тежеуге қабілетті қосылыстар анықталды, қабынуға қарсы препараттардың индукцияланған өндірісі MonoMac-6 жасушаларындағы IL-6 және TNF цитокиндері. N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin (Calbiochem) синтетикалық субстратын гидролиздеу қабілеті бойынша 2(4)-гидроксибензой қышқылына негізделген N'-алмастырылған гидразондардың адам нейтрофилдерінің эластазасына қатысты тежегіш белсенділігі анықталды.

Түйінді сөздер: N'-алмастырылған гидразондар, 2-және 4-гидроксибензой, N-морфолил сірке және изоникотин қышқылдары, қабынуға қарсы белсенділік, цитоуыттылық.

S. D. Fazylov, O. A. Nurkenov, R.E. Bakirova, S.K. Kabieva, A.Zh. Mendibayeva

Inflammatory and cytotoxic effects N'-substituted hydrazone based isonicotinic, 2(4)-hydroxybenzoic and n-morfolilacetic acid

As a result of *in vitro* studies on anti-inflammatory and cytotoxic activity on cultures of human monocytes cell lines *MonoMac-6* and *THP-1Blue*, it was found that among the new N'-substituted hydrazones synthesized on the basis of 2(4)-hydroxybenzoic and isonicotinic acids, compounds were identified, capable of inhibiting lipopolysaccharide (LPS)-induced production of proinflammatory cytokines IL-6 and TNF in *MonoMac-6* cells. According to the ability to hydrolyze the synthetic substrate *N-methylsuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-7-amino-4-methylcoumarin* (*Calbiochem*), an inhibitory activity against elastase of human neutrophils of N'-substituted hydrazones based on 2(4)-hydroxybenzoic acid was established.

Keywords: N'-substituted hydrazones, 2- and 4-hydroxybenzoic, N-morfolilacetic and isonicotinic acids, inflammatory activity, cytotoxicity.

References

- 1 O.A. Nurkenov, Zh.B. Satpaeva, S.D. Fazylov, A.M. Gazaliev, N-Acylhydrazides and Their Derivatives, Glacir, Karaganda, 2017, 144s. (ISBN 978-601-7836-94-8)
- 2 L. Popolek, A. Biernasiak, A. Berecka, A. Gumieniczek, A. Malm, M. Wules, New hydrazide-hydrazones of isonicotinic acid: synthesis, lipophilicity and *in vitro* antimicrobial screening, *Chemical biology and drug design*, 91 (2018) 915. (<https://doi.org/10.1111/cbdd.13158>)
- 3 M.E. Kon'shin, B.YA. Syropyatov, A.L. Efremov i dr., *Him.-farm. zhurn.*, 45(8), 26 – 27 (2011).
- 4 M.V. Pavlova, A.I. Mihalev, M.E. Kon'shin i dr., *Him.-farm. zhurn.*, 33(8), 18 – 19 (1999).
- 5 J.E. Sherwin, J.R. Sobenes, in: *Clinical Chemistry. Theory, analysis, and correlation*, L.A. Kaplan, A.J. Pesce, and S.C. Kazmierczak (eds.), Mosby Year Book, St. Louis Missouri (1996), rr. 505 – 527.
- 6 A.C. Tweedale, *J. Epidemiol. Community Health.*, 65(6), 475 – 476 (2011).
- 7 M.YU. Eropkin, E.M. Eropkina, *Kul'tury kletok kak model'naya sistema issledovaniya toksichnosti i skrininga citoprotekturnykh preparatov*, Morsar AV, Sankt-Peterburg (2003), s. 23.
- 8 S.G. Romanova, G.A. Serebrennikova, A.A. SHtil', *Vestnik MITHT*, 3(5), 101 – 105 (2008).

Раздел 5. «Химия»

- 9 S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, T.S. ZHivotova i dr., *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*, № 1, 6 – 13 (2013).
- 10 ZH.B. Satpaeva, O.A. Nurkenov, S.D. Fazylov i dr., *Tez. dokl. II Mezhd. Kazahstansko-Rossijskoj konf. po himii i him. tekhnologii*, Karaganda (2012), 1, ss. 448 – 450.
- 11 O.A. Nurkenov, S.D. Fazylov, ZH.B. Satpaeva i dr., *ZHurn. obshchej himii*, 84(9), 1574 – 1576 (2014).
- 12 S.D. Fazylov, D.P. Hrustalev, G.T. Hamzina i dr., *Vestnik KazNU*, 2, 46 – 49 (2008).
- 13 L. Crocetti, I.A. Schepetkin, A. Cilibrizzi, et al., *J. Med. Chem.*, 56, 6259-6272 (2013).
- 14 M.L. Belen'kij, *Elementy kolichestvennoj ocenki farmakologicheskogo effekta*, Medicinskaya literatura, Leningrad (1963).
- 15 E.O. Danchenko, *Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya*, № 2, 22 – 31 (2012).
- 16 P.J. Johnson, in: *Clinical Biochemistry. Metabolic and Clinical Aspects*, W. J. Marshall and S. K. Bangert (eds.), Churchill livingstone, London (1995), rr. 237 – 256.
- 17 M.G. Sturgill and G.H. Lambert, *Clinical Chemistry*, 43(8V), 1512 – 1526 (1997).
- 18 C.B. Thompson, *Science*, 267, 1457-1462 (1995).
- 19 A.A. YArilin, *Immunologiya*, № 6, 10 – 23 (1996).
- 20 S.E. Severin, A.V. Rodina, *Uspekhi biologicheskoy himii*, 46, 43 – 64 (2006).

Сведения об авторах**АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT AUTHORS**

- Bekish A.B.** — Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan, E-mail.ru: kunaev91@list.ru
- Bublikov Yu.A.** — LLC "Marganets", Dnipro, Ukraine, E-mail: ivchenkoaleksv@gmail.com
- Hraníček J.** - Charles University in Prague, Prague, Czech Republic
- Ivchenko A.V.** - Ukrainian University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine, E-mail: ivchenkoaleksv@gmail.com
- Kunaev V.A.** - Karaganda industrial university, Temirtau, Kazakhstan, E-mail: kunaev91@list.ru
- Taisagatov A.D.** - Karaganda industrial university, Temirtau, Kazakhstan, E-mail: kunaev91@list.ru
- Tazhbayev E.M.** – Ye.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan
- Zhumanazarova G.M.** — Ye.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan E-mail: gaziza.zhumanazarova@mail.ru
- Айнабекова С.С.** – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.altynbasova@ttt.edu.kz
- Алтынбасова А.Ж.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.altynbasova@ttt.edu.kz
- Андреященко В.А.** — Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан, E-mail.ru: Vi-ta.z@mail.ru
- Асабина Н.Н.** - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: n.assabina@tttu.edu.kz
- Базаров Б.А.** – Қарағанды индустриялық университеті, Темиртау, Қазақстан, E-mail: baur.bazarov@mail.ru
- Бакирова Р.Е.** — Медицинский университет Караганды, Казахстан, E-mail: a.aldabayeva@tttu.edu.kz
- Жакина А.Х.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: alzhakina@mail.ru
- Жаслан Р.К.**— Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: rима93@list.ru
- Жунусова А.К.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru: altnai.zhunusova@mail.ru
- Ибраева А.Е.** - Карагандинский индустриальный университет, Казахстан, г.Темиртау, E-mail: a.ibrayeva@tttu.edu.kz
- Кабиева С.К.** – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: kabieva.s@mail.ru
- Касенова А.Н.** – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.kassenova@tttu.edu.kz
- Конакбаева А.Н.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.konakbayeva@tttu.edu.kz
- Кузьминова Н.Ю.** – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.ibrayeva@tttu.edu.kz
- Кунтуш Е.В.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: ye.kuntush@tttu.edu.kz
- Мацугина Е.М.** – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: ye.matsugina@tttu.edu.kz
- Мелешко О.В.** — Колледж радиотехники и связи, Семей, Казахстан
- Мендибаева А.Ж.**– Медицинский университет Караганды, Казахстан
- Мукатай А.Б.** - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
- Мырзаханова А.Т.** — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.myrzakhanova@tttu.edu.kz

Нуркенов О. А. — Институт органического синтеза и углехимии РК, Караганда, Казахстан
Сергазинов Р.Е. - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
r.sergazinov@tttu.edu.kz
Сиверская Т.И. — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан,
E-mail: t.siverskaya@tttu.edu.kz
Трус А.Б. – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail: a.trus@tttu.edu.kz
Ульева Г.А. – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
g.ulyeva@tttu.edu.kz
Умбетов У.У. — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
u.umbetov@tttu.edu.kz
Фазылов С. Д. – Институт органического синтеза и углехимии РК, Караганда, Казахстан,
Чванова А.О. — Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
a.chvanova@tttu.edu.kz
Шарипова Ю.Ф. – Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
yu.sharipova@tttu.edu.kz
Яворский В.В. - Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан, E-mail.ru:
v.yavorskii@tttu.edu.kz

Правила оформления и предоставления статей

Министерство образования и науки Республики Казахстан
 Карагандинский индустриальный университет

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО**Уважаемые коллеги!**

До **15 августа 2023 года** осуществляется прием научных статей в следующий выпуск № 3 (42) 2023 года Республиканского научного журнала «**Вестник Карагандинского государственного индустриального университета**», который зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция) с присвоением международного номера ISSN 2309-1177. Территория распространения журнала: Республика Казахстан, страны ближнего и дальнего зарубежья.

В журнале предусмотрены следующие разделы

1. Металлургия.
2. Информационно-коммуникационные технологии.
3. Технические науки и технологии.
4. Социально-гуманитарные науки и Экономика.
5. Химия

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ

В республиканском научном журнале «*Вестник Карагандинского государственного индустриального университета*» публикуются результаты актуальных работ, имеющих исследовательский характер, обладающих научной новизной и практической значимостью.

Языки публикации: казахский, русский, английский.

Статья представляется в Департамент науки, инновации и международного сотрудничества в одном экземпляре.

К тексту статьи, подписанному автором (-ами), прилагаются аннотация на русском, казахском и английском языках (100 слов), внешняя и внутренняя рецензии, анкета автора (-ов).

Текст редактированию не подлежит, поэтому все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями и тщательно отредактированы. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются и обратно не высылаются.

Требования к оформлению статей:

Объем статьи, включая библиографию, не должен превышать 15 страниц текста, набранного на компьютере (редактор Microsoft Word), минимальный объем статьи - 4 страницы.

Поля рукописи должны быть: верхнее и нижнее - 25 мм, левое и правое - 20 мм; шрифт - TimesNewRoman, размер - 11 пт; межстрочный интервал - одинарный; выравнивание - ширина; отступ абзаца - 0,8 см.

Материал статьи оформлен в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов».

В структуру статьи входят следующие разделы:

Правила оформления и предоставления статей

- **Заголовок:** включает отдельную строку слева от индекса УДК, информацию об авторах (инициалы и фамилия, название учреждения или организации, город, страна, e-mail автора, ответственного за переписку с редактором), название статьи;

- **Реферат:** оформлен в соответствии с ГОСТ 7.9-95 «Реферат и реферат. Общие требования». Обязательные компоненты аннотации: информативность (объем - 100 слов); оригинальность (новизна статьи); содержание (основное содержание). статьи и результатов исследования); структурированы; выводы. Аннотация предоставляется на английском, казахском и русском языках;

- **Ключевые слова:** не менее 8-10 основных терминов или коротких фраз, которые используются в статье. Ключевые слова предоставляются на английском, казахском и русском языках. Аннотация и ключевые слова на языке статьи предшествуют основному тексту статьи, аннотации и ключевые слова на других языках размещаются после библиографического списка статьи;

- **Введение:** обоснование актуальности и степени развития темы (возможен краткий обзор научной литературы по теме исследования); постановка задачи исследования; описание объекта и предмета исследования, целей и задач статьи; краткое описание его строения.

- **Методы и материалы (экспериментальные):** описание методов и материалов, использованных в исследовании, включая методы сбора, обработки и анализа данных; характеристики выборки (если используется выборочное исследование);

- **Результаты и обсуждение:** описание и интерпретация полученных результатов с помощью рисунков, таблиц, графиков и рисунков;

- **Выводы:** формулировка выводов на основании полученных результатов; сравнение полученных результатов с существующими результатами по этой теме; оценка научной новизны и практической ценности полученных результатов.

- **Благодарности:** при наличии источника финансирования исследования (гранты, госбюджетные программы) указывается информация о нем;

- **Список литературы:** библиографический список составляется дважды:

- «Список литературы» - на языке оригинала источников (казахский, русский и другие неанглийские языки) оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Ссылки на источники на языке, использующем кириллицу, необходимо транслитерировать латинскими буквами;

- «Список литературы» - на английском языке (оформлен в соответствии с международным библиографическим стандартом APA (<http://www.bibme.org/citation-guide/APA/book>)).

Первая ссылка в тексте на литературу должна иметь номер [1], вторая - [2] и т. Д. По порядку. Обращаясь к результату из книги, укажите его номер из списка литературы и (через точку с запятой) номер страницы, на которой этот результат опубликован. Например: [8; 325]. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются;

- **Информация об авторах:** включает следующие элементы: имя, отчество и фамилию; ученое звание, ученая степень; должность или профессия; место работы (название учреждения или организации, населенный пункт); название страны (для иностранных авторов); адрес электронной почты (e-mail).

Разделы статьи должны быть согласованы между собой, из текста статьи должна быть ясна исследовательская гипотеза (вопрос исследования), методология и методы исследования, результаты исследования и их вклад в развитие отрасли социологического знания, в рамках которой исследование было проведено.

Все сокращения и сокращения, за исключением общеизвестных сокращений, должны быть расшифрованы, когда они впервые используются в тексте.

В артикуле нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Правила оформления и предоставления статей

Таблицы, рисунки и формулы не должны содержать неточностей в обозначении символов и знаков. Рисунки должны быть четкими, чистыми и не сканированными. Ссылки на рисунки и таблицы в тексте.

Перед подачей статьи в журнал необходимо тщательно проверить общую орфографию материалов, орфографию соответствующей терминологии и форматирование текста и ссылок.

Предоставляя текст для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм незаконных заимствований в рукописи произведения, правильное оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

Литературный источник оформляется в соответствии ГОСТ 7.1-2003. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами без точки и печатать с абзацного отступа. Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках. **Библиографическая запись выполняется на языке оригинала.**

Журналы

1 Третьяков Ю.Д. Процессы самоорганизации в химии материалов // Успехи химии. – 2003. – Т. 72, № 4. – С. 731-763.

2 Пак Н.С. Социологические проблемы языковых контактов // Вестник КазУМОиМЯ им. Абылай хана. Серия «Филология». – Алматы, 2007. – № 2(10). – С. 270-278.

Книги

1 Назарбаев Н.А. В потоке истории. - Алматы: Атамура, 1999. – 296 с.

2 Надиров ПК. Высоковязкие нефти и природные битумы: в 5 т. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 4. – 369 с.

3 Гембицкий Е.В. Нейроциркуляторная гипотония и гипотонические (гипотензивные) состояния: руководство по кардиологии: в 5 т. / под ред. Е.И. Чазова. – М.: Изд-во Медицина, 1982. – Т. 4. – С. 101-117.

4 Портер М.Е. Международная конкуренция / пер. с англ.; под ред. В.Д. Щепина. – М.: Международные отношения, 1993. – 140 с.

5 Павлов Б.П. Батуев СП. Подготовка водомазутных эмульсий для сжигания в топочных устройствах // В кн.: Повышение эффективности использования газообразного и жидкого топлива в печах и отопительных котлах. – Л.: Недра, 1983. – 216 с.

Сборники

1 Зимин А.И. Влияние состава топливных эмульсий на концентрацию оксидов азота и серы в выбросах промышленных котельных // Экологическая защита городов: тез. докл. науч.-техн. конф. – М: Наука, 1996. – С. 77-79.

2 Паржанов Ж.А., Моминов Х., Жигитеков Т.А. Товарные свойства каракуля при разном способе консервирования // Научно-технический прогресс в пустынном животноводстве и аридном кормопроизводстве: матер. междунар. науч.-практ. конф., поев. 1500-летию г. Туркестан. – Шымкент, 2000. – С. 115-120.

Законодательные материалы

1 Постановление Правительства Республики Казахстан. О вопросах кредитования аграрного сектора: утв. 25 января 2001 года, № 137.

2 Стратегический план развития Республики Казахстан до 2010 года: утв. Указом Президента Республики Казахстан от 4 декабря 2001 года, № 735 // www.minplan.kz. 28.12.2001.

3 План первоочередных действий по обеспечению стабильности социально-экономического развития Республики Казахстан: утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 6 ноября 2007 года, №1039//www.kdb.kz.

Правила оформления и предоставления статей

4 Республика Казахстан. Закон РК. О государственных закупках: принят 21 июля 2007 года.

5 Стратегический план Агентства РК по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2010-2014 годы: утв. постановлением Правительства РК от 3 марта 2010 года, № 17.

Патентные документы

1 А.с. 549473. Способ первичной обработки кожевенного сырья / Р.И. Лаупакас, А.А. Скородянис; опубл. 30.09.1989, Бюл. № 34. – 2 с.

2 Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК 7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающие устройства / Чугаева В.П.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 200131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 22.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3с.

Газеты

1 Байтова А. Инновационно-технологическое развитие – ключевой фактор повышения конкурентоспособности // Казахстанская правда. – 2009. – № 269.

2 На реализацию проекта «Актау-Сити» будет направлено 36 млрд. тг // Панорама - 2009, октябрь – 16.

3 Кузьмин Николай. Универсальный солдат. «Эксперт Online» <http://www.nomad.su> 13.10.2009.

Ресурсы Internet

1 Образование: исследовано в мире [Электронный ресурс]: междунар. науч. пед. интернет журнал с библиотекой депозитарием / Рос. акад. Образования ; Гос. науч. пед. б-ка им. К. Д. Ушинского. - Электрон, журн. – М., 2000. – Режим доступа к журн.: <http://www.oim.ru>, свободный.

2 Шпринц, Лев. Книга художника: от миллионных тиражей – к единичным экземплярам [Электронный ресурс] / Л. Шпринц. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2000. – Режим доступа: <http://atbook.km.ru/news/000525.html>, свободный.

Неопубликованные документы**Отчеты о научно-исследовательской работе**

1 Формирование и анализ фондов непубликуемых документов, отражающих состояние науки Республики Казахстан: отчет о НИР (заключительный) / АО «Нац. центр научно-техн. информ.»: рук. Сулейменов Е. З.; исполн.: Кульевская Ю. Г. – Алматы, 2008. – 166 с. – № ГР 0107РК00472. – Инв. № 0208РК01670.

Диссертации

1 Хамидбаев К.Я. Каракульские смушки Казахстана и некоторые факторы, обуславливающие их изменчивость: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.02.01. – Алма-Ата: Атамур, 1968. – 21 с.

2 Избаиров А.К. Нетрадиционные исламские направления в независимых государствах Центральной Азии: дис. ... док. ист. наук: 07.00.03 / Институт востоковедения им.Р.Б. Сулейменова. – Алматы, 2009. – 270 с. – Инв. № 0509РК00125.

Депонированные рукописи

1 Разумовский В.А. Управление маркетинговыми исследованиями в регионе / Институт экономики. – Алматы, 2000. – 116 с. – Деп. в КазгосИНТИ 13.06.2000. – № Ка00144.

Языки публикации: казахский, русский, английский.

Текст редактированию не подлежит, поэтому все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями и тщательно отредактированы. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются и обратно не высылаются.

Правила оформления и предоставления статей

Статья предоставляется в Департамент науки и инновации в одном экземпляре и на электронном носителе.

Оплата за публикацию статьи в журнале **3500 тенге**.

Взнос с пометкой «Оплата за публикацию в республиканском научном журнале «Вестник Карагандинского государственного индустриального университета»» перечисляется по адресу: 101400 г. Темиртау, пр. Республики, 30; Карагандинский государственный индустриальный университет, БИН 060940005033; ИИК KZ27856000006666996, АО «Банк Центр Кредит», БИК КСЖВКЗКХ, БИН 060940005033.

(ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ)

МРНТИ 53.31.19

Е.Қ. Қуатбай¹, Ю.И. Шишкин¹, С.Т. Бақыт²

¹Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
²ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», кафедра Пирометаллургические процессы,
 г. Челябинск, Российская Федерация
 (E-mail: ye.kuatbay@ttu.edu.kz)

Возможность получения конвертерной стали с низким содержанием серы

На основе обработки литературных данных и промышленных плавов конвертерного цеха АО «АрселорМиттал Темиртау» показана перспективность внепечного рафинирования чугуна от серы.

Показано, что в реальных условиях конвертерной плавки невозможно стабильно получать содержание серы в готовом металле ниже 0,01%, даже при условии обработки его на установке доводки металла (УДМ). Окислительные шлаки сталеплавильных процессов являются слабыми десульфураторами из-за высокого содержания в них закиси железа (до 20% и более). Степень удаления серы (η_S) в лучшем случае составляет 20-30%, в то время как этот показатель для фосфора составляет более 90%.

Низкое и особо низкое содержание серы в стали (до 0,0005%) обеспечивается за счет внепечной десульфурации чугуна. При внепечной обработке чугуна создаются более благоприятные условия для удаления серы, чем в кислородном конвертере. Причиной этого является присутствие в значительных количествах элементов, повышающих коэффициент активности серы, прежде всего, углерод, а также низкий окислительный потенциал чугуна. С учетом того, что углерод и кремний, содержащиеся в чугуне, повышают активность серы, то для получения стабильно низких концентраций серы в готовой стали целесообразно использовать современные методы десульфурации чугуна, а не стали. Показано, что из всех десульфураторов чугуна наиболее эффективным материалом является магний.

Ключевые слова: сталь, чугун, десульфурация, активность серы, реагент, рафинирование, коэффициент распределения, магний.

Введение

Правила оформления и предоставления статей

Удаление серы из металла – одно из главных условий производства качественной стали. Внедрение непрерывной разливки требует снижения содержания серы даже в металле массового назначения для обеспечения качественной структуры и поверхности непрерывно-литого сляба [1].

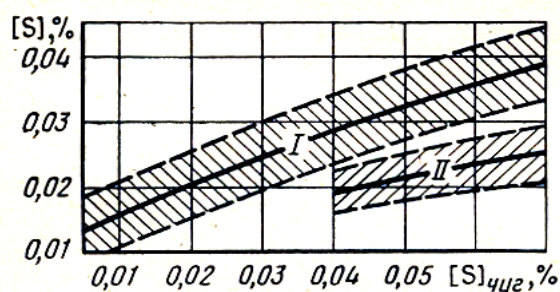
Кислородно-конвертерный процесс мало приспособлен для глубокой десульфурации металла. Степень удаления серы в лучшем случае составляет 20-30% [2].

Методы и материалы

С учетом того, что основным компонентом кислородно-конвертерной плавки является чугун, доля которого может составлять 75-100%, его рафинирование от серы является предпочтительнее.

Технологические возможности удаления серы на стадиях подготовки и производства металла при существующей глубине обогащения железорудного сырья крайне ограничены и сопряжены с большими затратами топлива, флюсов, а также снижением производительности металлургических агрегатов. Это обстоятельство заставляет внимательно оценивать возможности внепечных способов десульфурации чугуна.

Изложенное выше подтверждается данными рисунка 2 [3].



I - одношлаковый процесс; II - двухшлаковый процесс

Рисунок 2. Влияние содержания серы в чугуне $[S]_{\text{чуг}}$ на содержание ее в стали $[S]$

Таблица 1

Изменение показателей кислородно-конвертерной плавки при снижении содержания S в чугуне на 0,01%

Сталь	Снижение расхода на 1 т стали			Увеличение производительности	
	извести, кг	боксит, кг	кислорода, м ³	т/мин	%
СВ08А	15,0	0,3	2,0	0,25	12,1
З5ГС	21,0	0,3	2,0	0,32	13,7

Результаты и обсуждение

Результаты обработки данных опытных плавки показали, что даже при двойном скачивании промежуточного шлака средняя степень удаления серы, η_S составляет 38,6%, в то время, как для фосфора $\eta_P = 97,3\%$ (таблица 3), что подтверждает необходимость внепечной обработки чугуна.

Выводы

Использование десульфурации чугуна гарантирует при производстве трубных марок стали содержание серы в металле 0,002-0,005%, что позволяет обеспечить заданные потребительские свойства проката.

Правила оформления и предоставления статей

В случае необходимости при данной технологии десульфурации чугуна возможно достижение ультранизких концентраций серы после обработки вплоть до 0,0005%, независимо от исходного ее содержания.

Список литературы

- 1 Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. - М.: Издательство Мир, 2003. – 528 с.
- 2 Шишкин Ю.И. Оценка альтернативных способов получения стали с низким содержанием серы // Труды международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в металлургии». - Темиртау, 2001. - С. 272-275.
- 3 Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. – Алматы: Гылым, 2006. – 192 с.

Е.Қ. Қуатбай, Ю.И. Шишкин, С.Т. Бақыт, Н.Б. Мажибаев, Н.Ж. Айкенбаева

Төмен күкіртті конвертерлік болат алу мүмкіндігі

Әдеби деректерді өңдеу және «АрселорМиттал Теміртау» АҚ конвертер цехының өнеркәсіптік балқытулары негізінде шойынды күкірттен пештен тыс тазарту келешегі көрсетілген.

Конвертерлік балқытудың нақты жағдайларында дайын металдағы күкірт мөлшерін 0,01% - дан төмен тұрақты алу мүмкін емес, тіпті оны металды жетілдіру қондырғысында (МЖҚ) өндеген жағдайдың өзінде. Болат балқыту үдерістерінің тотықтырғыш қождары құрамында темір тотығының жоғары болуына байланысты (20% - ға дейін және одан да жоғары) әлсіз күкіртсіздендіргіш болып табылады. Күкіртті жою дәрежесі (η_s) ең жақсы жағдайда 20-30% құрайды, ал фосфор үшін бұл көрсеткіш 90% - дан асады.

Болаттағы күкірттің төмен және өте төмен құрамы (0,0005% - ға дейін) шойынды пештен тыс күкіртсіздендіру есебінен қамтамасыз етіледі. Шойынды пештен тыс өңдеу кезінде оттекті конвертерге қарағанда күкіртті жою үшін қолайлы жағдайлар жасалады. Мұның себебі күкірттің белсенділік коэффициентін арттыратын элементтер мөлшерінің айтарлықтай көп болуы, ең алдымен көміртегі, сонымен қатар шойынның тотығу потенциалының төмен болуы. Шойын құрамындағы көміртегі мен кремний күкірттің белсенділігін арттыратындығын ескере отырып, дайын болатта күкірттің тұрақты төмен концентрациясын алу үшін болатты емес, шойынды күкіртсіздендірудің заманауи әдістерін қолданған жөн. Шойынды күкіртсіздендіргіштер ішіндегі ең тиімді материал магний екендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: болат, шойын, күкіртсіздендіру, күкірт белсенділігі, реагент, тазарту, таралу коэффициенті, магний.

Ye.K. Kuvatbay, Yu.I. Shishkin, S.T. Bakhyt, N.B. Mazhibayev, N.Zh. Aikenbayeva

The possibility of producing converter steel with a low sulfur content

Based on the processing of literature data and industrial smelting of the converter shop of JSC "ArcelorMittal Temirtau", the prospects of out-of-furnace refining of cast iron from sulfur are shown.

It is shown that under real conditions of converter melting, it is impossible to consistently obtain a sulfur content in the finished metal below 0,01%, even if it is processed at the metal finishing installation (MFI). Oxidizing slags of steelmaking processes are weak desulfurizers due to their high content of iron oxide (up to 20% or more). The degree of removal of sulfur (η_s) is at best 20-30%, while this indicator for phosphorus is more than 90%.

Low and particularly low sulfur content in steel (up to 0,0005%) is provided by extra-furnace desulphurization of cast iron. In the out-of-furnace treatment of cast iron, more favorable conditions

Правила оформления и предоставления статей

are created for the removal of sulfur than in an oxygen converter. The reason for this is the presence of significant amounts of elements that increase the activity coefficient of sulfur, primarily carbon, as well as the low oxidative potential of cast iron. Given that the carbon and silicon contained in cast iron increase the activity of sulfur, it is advisable to use modern methods of desulfurization of cast iron, rather than steel, to obtain consistently low concentrations of sulfur in finished steel. It is shown that of all cast iron desulfurizers, magnesium is the most effective material.

Key words: steel, cast iron, sulfur removal, the activity of sulphur, reagent, the refining, distribution coefficient, magnesium.

References

- 1 Kudrin V.A. Teoriya i tekhnologiya proizvodstva stali. - M.: Izdatelstvo Mir. 2003. – 528 s.
- 2 Shishkin Yu.I. Otsenka alternativnykh sposobov polucheniya stali s nizkim sodержaniyem sery // Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Nauchno-tekhnicheskiy progress v metallurgii». - Temirtau. 2001. - S. 272-275.
- 3 Shishkin Yu.I., Torgovets A.K., Grigorova O.A. Teoriya i tekhnologiya konvertornykh protsessov. – Almaty: Gylym. 2006. – 192 s.

Ответственный секретарь
Технический редактор
Компьютерная верстка

Т. Жүнісқалиев
Н. Қасымхан
Н. Қасымхан

30.06.2023 ж. бастап басылып шығарылады. Пішімі 60×84 1/8. Кітап-журнал қағазы. Көлемі 16 шартты б.т. Таралымы 500 дана. Бағасы келісім бойынша. ЦТД ҚИУ. Тапсырыс № 2261. Индекс 74946.

Дата выхода 30.06.2023 г. Формат 60×84 1/8. Бумага книжно-журнальная. Объем 16 уч.-изд.л. Тираж 500 экз. Цена договор. ДЦТ КИУ. Заказ № 2261. Индекс 74946.
