

# ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 2 (79)  
апрель – июнь  
2018

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал  
Издается с июля 1998 года  
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение  
«Белорусское общество инженеров-механиков»  
(ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия: Андреев М.А., Дашков В.Н.,  
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,  
Колпашиков В.Л., Крупец Л.Н., Лягушев Г.С.,  
Мариев П.Л., Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Ф. Скорины, 52/6  
тел./ факс 262-64-28; 264-00-80

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка Н.В. Побяржина

Подписано в печать 25.06.2018.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 100 экз. Заказ №

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ЧПТУП  
«Колорград»

Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.

220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5, оф. 904.

www.segment.by

## СОДЕРЖАНИЕ

### Разработки ученых и специалистов

Сотрудничаем с КНР Чижик С.А.....2

Передовые технологии обработки давлением труднодеформируемых сплавов в Физико-техническом институте НАН Беларуси в сотрудничестве с Институтом исследования металлов Китайской академии наук Покровский А.И., Петренко В.В., Жукова А.А., Zhang Shi-Hong, Cheng Ming, Xu Yong, Dehui Guan Ph.D.....5

Белорусский бизнес-инновационный центр «EENBELARUS» – инструментинформационной поддержки международного научно-технического и инновационного сотрудничества Успенский А.А.....19

Эффективная машина для ремонта грунтовых дорог Вавилов А.В., Лапенков В.В.....24

Водонагреватели с пульсационной интенсификацией Северянин В.С.....27

Научно-технологические новации при вовлечении в оборот вторичного сырья Ласковнев А.П., Гарост А.И.....34

Проблемы и перспективы инженерного образования Вайтехович П.Е., Сиваченко Л.А.....43

### Разработки ученых и специалистов

Современные технологии и оборудование в сварочном производстве и внедрение их на предприятии ООО «ТМ. Велтек» Лавров А.С., Упырь В.Н., Тимошенко В.В.....47

## СОТРУДНИЧАЕМ С КНР

*ЧИЖИК Сергей Антонович*

*Первый заместитель Председателя Президиума  
Национальной академии наук Беларуси*

Национальная академия наук Беларуси придает особое значение сотрудничеству с Китайской Народной Республикой – страной с огромным научным и экономическим потенциалом, с которой у Республики Беларусь сложились прочные стратегические отношения во всех сферах, в том числе и научно-технической.

20 лет назад подписанием Соглашения о сотрудничестве в области науки и технологий между Правительством Республики Беларусь и Правительством КНР были заложены основы двустороннего сотрудничества. Два государства договорились развивать совместную деятельность по широкому спектру направлений, включая обмен результатами научных исследований, публикациями и научно-технической информацией, обмен учеными, техническим персоналом и другими специалистами, совместное участие в научных и научно-образовательных мероприятиях, реализацию совместных исследовательских проектов, создание совместных научных лабораторий, центров и инновационных предприятий. Для координации действий по достижению целей Соглашения создана Межправительственная белорусско-китайская комиссия по сотрудничеству в области науки и технологий, осуществляющая рассмотрение всех вопросов реализации Соглашения, изучение возможности расширения и диверсификации экономического, научно- и технического сотрудничества между двумя странами, определение конкретных программ и проектов для этих целей, а также внесение предложений по дальнейшему развитию белорусско-китайского сотрудничества.

Также в мае 2012 г. создана Межправительственная белорусско-китайская комиссия по сотрудничеству в области высоких технологий на основе Соглашения о создании соответствующей Комиссии, основной задачей которой является координация белорусско-китайского научно-

технического сотрудничества в приоритетных направлениях в области высоких технологий: микроэлектроника, информационные технологии, оптические и лазерные технологии, машиностроение, биотехнологии, новые материалы, технологии для нужд химической промышленности, сельскохозяйственная техника и технологии, новые виды энергетики.

Договорно-правовая база. Подписан ряд соглашений и протоколов (меморандумы) о сотрудничестве, в том числе (за последние пять лет) со следующими организациями и государственными структурами:

Академией сельскохозяйственных наук провинции Цзянсу (2014 г.); Правительством г. Линьби (2015 г.); Китайской академией общественных наук (2015 г.); Шанхайской академией общественных наук (2015 г.); Академией аграрных наук провинции Цзилинь (2015 г.); Бюро научно-технической инновации и интеллектуальной собственности зоны экономико-технического развития города Гуанчжоу (2015 г.); Академией наук провинции Шаньдун (2016 г., обновлённый договор); Правительством г. Линьби (2016 г.); СЗАО «Компания по развитию индустриального парка», Финансовые фонды КНР (2016 г.); Научно-техническим Центром по внешнему обмену и связям в Синьцзяньско-Уйгурском автономном районе (2016 г.); Юйлинским педагогическим университетом (2016 г.); Народным правительством города Гуанчжоу (2016 г.); Линнаньским педагогическим университетом (2017 г.); Хэнаньским университетом (2017 г.); Управлением «Человеческие ресурсы и социальное обеспечение» г.Нинбо, Районом Бэйлунь и г.Нинбо (2017 г.); государственной авиастроительной корпорацией AVIC (2017–2018 гг.); с ООО «Бел Хуавэй Технолоджис» (2017 г.).

Экспорт в КНР. В 201 году организациями НАН Беларуси по контрактам с партнерами из

КНР было получено более 1900 тыс. долларов США, в том числе:

– ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению» – разработка и передача технологии получения монокристаллов алмаза;

– ГНУ «Институт физики им. Б.И.Степанова» – разработка и изготовление лабораторного макета и прототипов зоны допуска системы безопасности метро на основе контроля оптических и терагерцовых спектров; установка моторизованной подвижки;

– ГНУ «Физико-технический институт» – изготовление вакуумной камеры; исследование параметров упрочнения образцов зубчатых дисков для обработки хлопка; проведение экспериментов по получению алюминиевых стаканов из листа гидроударной штамповки;

– ГНУ «Институт механики металлополимерных систем» – предоставление права использования секрета производства (модификатора ударной вязкости);

– ГП «Центр радиотехники» – научно-технический отчет по проекту в области радиоэлектронных систем;

– ГНУ «Институт философии» – оказание образовательных услуг (платная аспирантура по специальности 09.00.03 - история философии);

– ГНУ «Институт микробиологии» – проект по микробиоциду и его применению на животно-

водческих и птицеводческих фермах;

– ГНУ «Институт физико-органической химии» – адаптация состава микроудобрения «Наноплант» для использования его при выращивании южных культур;

– ГНУ «Институт экспериментальной ботаники» – исследование биологической эффективности микроудобрений «Наноплант».

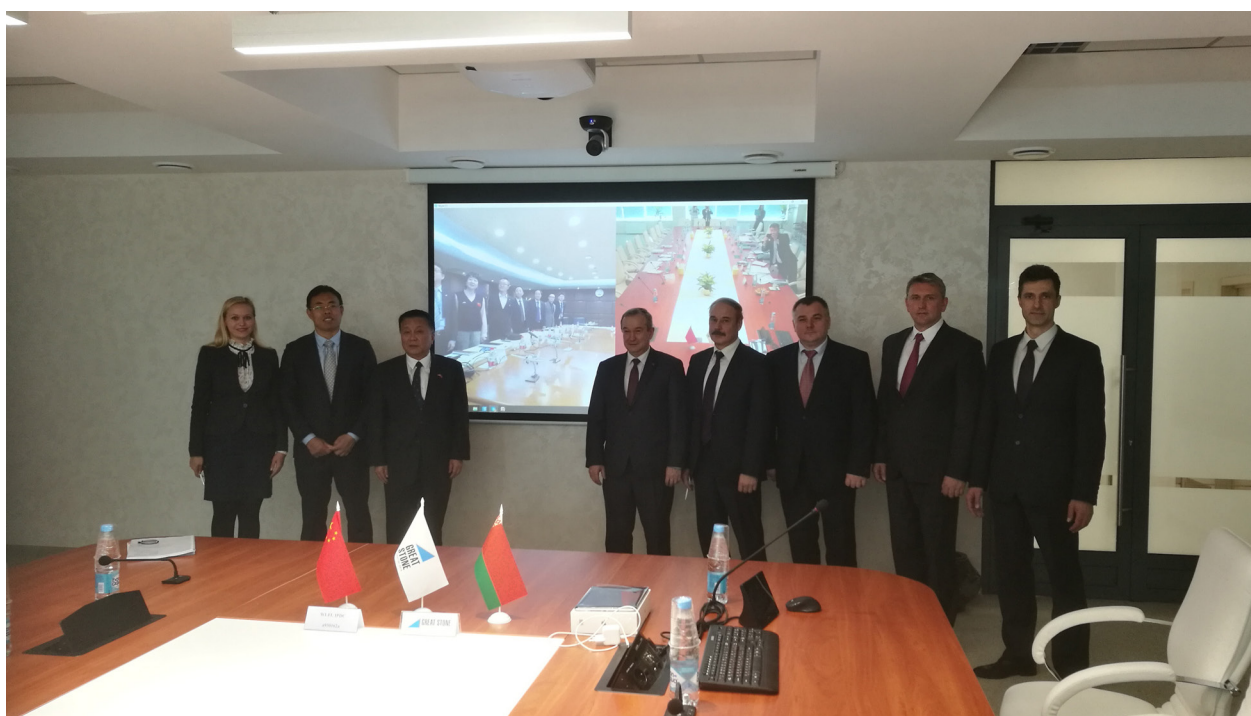
Совместные центры. На базе НАН Беларуси совместно с китайскими партнерами созданы следующие международные исследовательские центры и лаборатории:

Международная белорусско-китайская лаборатория химических технологий охраны окружающей среды на базе ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси» и Института химии Хенаньской академии наук, г. Ченчжоу, КНР.

Химико-технологический Центр малотоннажных композиционных материалов на базе Института по исследованию химических технологий провинции Хэйлунцзян (г. Харбин, КНР) и ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси».

Центр трансфера технологий НАН Беларуси в г.Цзинань, провинция Шаньдун, на базе Академии наук провинции Шаньдун (далее – АНШ).

Совместный Китайско-Белорусский центр по трансферу технологий в рамках Китайско-Российского технопарка г. Чанчунь, КНР.



Совместный научно-исследовательский центр с Правительством города Линьши КНР по разработке магнитных материалов и модифицированного графита на базе ГО «НППЦ НАН Беларуси по материаловедению».

Белорусско-Китайская совместная научно-исследовательская лаборатория технологий интернета вещей IoT (кластер «Большие информационные системы») на базе ГНУ «Центр систем идентификации НАН Беларуси» и Иностранного общества с ограниченной ответственностью «ЗТЕ» (ЗТЕ, КНР).

Международный центр инженерии поверхности на базе ГНУ «Объединенный институт машиностроения» и Института физики прочности и материаловедения СО РАН, Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, Ланьжоуского политехнического университета (КНР); компании «Cosmos Metallizing Co. Ltd.».

Китайско-Белорусский центр сельскохозяйственной микробиологии на базе ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» и Института микробиологии Академии наук провинции Хэйлунцзян, КНР.

Белорусско-Китайский аналитический центр развития на базе ГНУ «Институт экономики НАН Беларуси» и Института России, Восточной Европы и Центральной Азии Китайской академии общественных наук (далее – КАОН).

Китайско-Белорусский центр коммерциализации инноваций на базе СЗАО «Компания по развитию индустриального парка» и Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, НАН Беларуси.

Совместное предприятие ООО «АКАДЕМ-СЕРТ» (совместный научно-технический центр по сертификации мобильных машин и автокомпонентов) на базе ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» и компании «VEO Standards Technical Service Co. Ltd.», КНР.

Совместная лаборатория ключевых материалов и топливных элементов на базе ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова» и Институтом новых материалов АНШ.

Международная лаборатория по ключевым технологиям в водоподготовке на базе ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси» и Факультета химии и химической технологии Хенаньского университета, г.Ченчжоу, КНР.

Белорусско-китайский исследовательский центр философии и культуры на базе ГНУ «Инс-

титут философии НАН Беларуси» и Линнаньского педагогического университета, КНР.

Совместная лаборатория прогрессивных методов обработки металлов давлением на базе ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси» и Института исследования металлов Китайской Академии наук (IMR CAS).

Белорусско-Китайская совместная научно-исследовательская лаборатория – инновационный центр «Химическая технология полимерных материалов» на базе ГНУ «Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси», Института энергетических исследований АНШ и ООО «Кабельная корпорация Хуалин провинции Шаньдун», КНР.

Совместный китайско-белорусский научно-технический центр на базе НППЦ НАН Беларуси по материаловедению с правительством Суньчан-Уйгурского автономного района, КНР.

Совместная пищевая инновационная лаборатория на базе РУП «Институт мясо-молочной промышленности» и Цзилиньской академии сельскохозяйственных наук КНР.

СЗАО «Авиационные технологии и комплексы» по производству беспилотной авиации на базе РУП «НППЦ многофункциональных беспилотных комплексов НАН Беларуси» и китайской государственной авиационной компании AVIC (9 апреля 2018 г.). 13 апреля 2018 г. предприятие зарегистрировано в качестве резидента Китайско-Белорусского индустриального парка «Великий камень».

16 ноября 2017 года во время сессии Общего собрания Национальной академии наук Беларуси состоялись выборы иностранных членов НАН Беларуси. В результате открытого голосования избрано 6 новых иностранных членов НАН Беларуси, в том числе Президент Китайской академии наук Бай Чуньли.

22-26 мая 2018 года в ходе визита делегации Китайской академии наук во главе с Президентом академии Бай Чуньли прошли переговоры с руководством Национальной академии наук Беларуси, состоялось торжественное вручение Бай Чуньли диплома иностранного члена НАН Беларуси, а также посещение ряда организаций НАН Беларуси (ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси», ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований - Сосны» НАН Беларуси, РНПУП «Академфарм»).



# ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ В ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ НАН БЕЛАРУСИ В СОТРУДНИЧЕСТВЕ С ИНСТИТУТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ КИТАЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*Покровский А.И., Петренко В.В., Жукова А.А.*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

*Zhang Shi-Hong, Cheng Ming, Xu Yong*

*IMR CAS*

*Dehui Guan Ph.D, Head of the Personnel and International Cooperation Department.*

*Если ты доволен другом, в Поднебесном мире не  
окажется ничего, что имело бы недостаток. Если в  
общих делах царит безмятежность, в Поднебесном  
мире ничто не покажется враждебным.*

**Конфуций**

## Введение

Физико-технический институт НАН Беларуси и Институт исследования металлов (ИМР) Китайской академии наук (г. Шеньян, КНР), вот уже несколько лет сотрудничают в области обработки машиностроительных материалов. Тематика сотрудничества касается получения различных машиностроительных деталей пластическим формообразованием (штамповкой и прокаткой). Это теоретические, экспериментальные исследования, разработка технологий и оборудования по двум основным направлениям: 1) гидропрессование и импульсная гидроударная штамповка листовых материалов; 2) поперечно-клиноватая прокатка осесимметричных изделий.

Основным технологическим приемом, которым мы воздействуем на материал, является пластическая деформация, а ключевой изучаемой характеристикой – пластичность (от греческого слова *plastikos* – пригодность для лепки, податливость). Общепринятым определением пластической деформации является необратимое изменение формы изделий при различных термомеха-

нических воздействиях, причем без разрушений в виде различных макро- и микроскопических повреждений [1].

Как известно, основные технологические приемы обработки металлов давлением изучены уже очень давно, в настоящее время исследования и разработки в области пластической деформации ведут сотни лабораторий, а десятки тысяч предприятий выпускают миллионными тиражами штампованные изделия.

Тем не менее, проблемы получения качественных изделий из трудно деформируемых материалов и материалов с низкой пластичностью остаются весьма актуальными и в настоящее время. Наиболее остро это проявляется в наиболее передовых областях техники, где детали работают в условиях высоких скоростей и температур, испытывают экстремальные напряжения и перегрузки.

Речь идет в первую очередь об изделиях авиационной и аэрокосмической промышленности, где широко используются высокопрочные материалы класса «super alloy», обладающие повышенными прочностными характеристиками

(пределом прочности при растяжении, пределом ползучести, длительной прочностью).

Негласное, но острое соревнование характеристик новых высокопрочных материалов постоянно идет среди различных фирм передовых стран, причем победителя может определить преимущество всего в несколько единиц МПа или десятых долей процента. Чтобы понять, насколько важны эти показатели, приведем такой пример. Известно, что боевые характеристики современного истребителя определяются не столько вооружением, сколько в значительной мере показателями длительной прочности изделия «лопатка турбины двигателя»; от качества (и технологии изготовления) которой зависит маневренность, скорость, живучесть и, в конечном счете – превосходство в воздухе летательного аппарата.

К сожалению, «обратной стороной медали» большинства высокопрочных материалов является пониженная технологическая пластичность, что предопределяет значительные сложности при получении их методами обработки давлением.

Это извечная производственная дилемма на практике выглядит так: менеджер высшего звена анонсирует изделие с суперхарактеристиками и требует от своих изготовителей обновления модельного ряда, конструктор – соответственно, закладывает в чертежи деталей последние новинки материаловедения, обладающие суперпрочностью. В результате технологу приходится ломать голову, как изготовить такие изделия, почему, например, при штамповке образуются трещины (рис. 1), а при прокатке возникает огромное сопротивление деформации, а исследователям экспериментировать с температурно-силовыми режимами и искать оптимальные параметры пластического формообразования.

Решению подобных проблем и посвящено сотрудничество ФТИ НАН Беларуси (г. Минск) и IMR CAS (г. Шеньян). Материалами для исследований служат сплавы на алюминиевой, железной, никелевой основах, которые применяются в основном в аэрокосмической промышленности и обладают высокой прочностью, но пониженной пластичностью и трудно деформируемы.

#### О преимуществах методов обработки давлением

Может возникнуть логичный вопрос: неужели технология обработки металлов давлением является единственной при получении такого рода деталей. Конечно же, нет, ведь существует множество литейных и механообрабатывающих технологий, а при наличии современных 3D станков, придать изделию сложнейшую форму не составляет труда.

Однако преимуществами обработки давлением являются идеальная воспроизводимость геометрической формы и размеров от детали к детали, высокая производительность и возможности автоматизации, малые припуски на обработку, оптимальное расположение волокон в структуре металла, которые не перерезаются в отличие от механической обработки (рис. 2). Кроме того материалы, используемые в авиационной промышленности, как правило недешевы (например, сплав для лопаток турбин содержит более 50 % никеля – весьма дорогого легирующего элемента), а переводить значительное количество металла в стружку – расточительно, так как коэффициент использования металла (КИМ) при этом невысок, 0,3–0,5. Методы же обработки металлов давлением чрезвычайно экономичны по расходу металла, КИМ достигает 0,7–0,8 (рис. 2), а в отдельных случаях – 0,95. Таким образом, методы обработки давлением являются отнюдь не единственными, но в большинстве случаев – оптимальными.



а



б

Рис. 1. Примеры трещин, возникших при:  
а - штамповке деталей авиационной обшивки  
б - раздаче трубчатой заготовки детали выхлопного тракта автомобиля

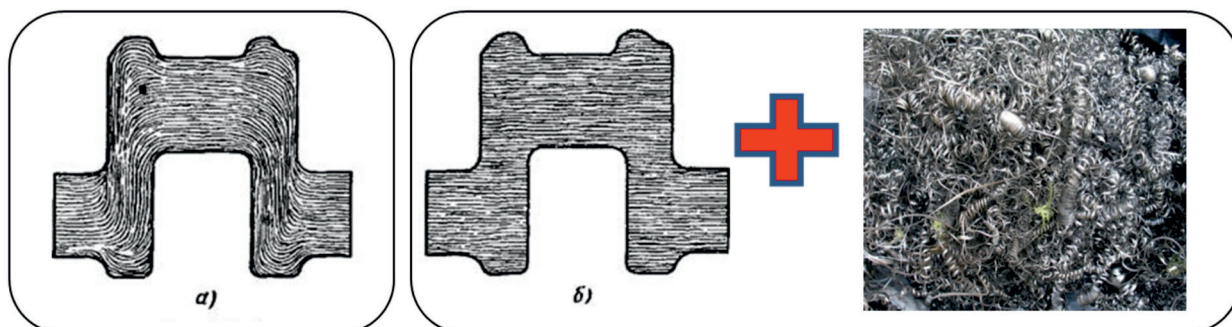


Рис. 2. Сравнение макроструктуры и коэффициента использования металла при получении одной и той же детали: методом пластической деформации (а) и механической обработкой (б): а) КИМ=0,8, б) КИМ= 0,3 (из-за значительного количества отходов в виде стружки)

### Определяющее влияние схемы напряженного состояния при пластическом формообразовании хрупких материалов

Как известно, пластическая деформация представляет собой сложный процесс, а на величину предельной деформации, которую можно достичь без разрушения, влияют многие факторы (в частности: структура, механические характеристики металла, температурно-скоростные условия деформирования и др.). Наибольшее влияние на значение предельной деформации оказывают схемы напряженного состояния, существенно отличающиеся при различных процессах обработки давлением.

Первые попытки установить связь между пластичностью и напряженным состоянием относятся к концу 19-го века. В 1911г. Т. Карман, Р. Беккер теоретически рассчитали и экспериментально подтвердили, что в условиях неравномерного всестороннего сжатия даже хрупкие материалы могут деформироваться пластически. В частности, проводили эксперименты на сжатие с каррарским мрамором и песчаником, которые при испытаниях в обычных условиях разрушались, не успев проявить пластических свойств из-за низкого сопротивления деформации. Однако, в случае, если образцы из мрамора испытывали в условиях неравномерного всестороннего сжатия, например, в жидкости (глицерине), находящейся под высоким давлением (более 80 МПа), они обнаруживали пластические свойства (удлинение до 9 %). Профессор Гарвардского университета (США) П.В. Бриджмен, проводя исследования пластичности хрупких веществ, показал [2, 3], что наибольшая предельная деформация дости-

гается при отсутствии растягивающих и увеличении сжимающих напряжений. Как известно, результаты исследования пластичности хрупких веществ и послужили одним из оснований для присуждения в 1946 г. П.В. Бриджмену Нобелевской премии по физике.

### Создание школы Физико-технического института в области обработки давлением труднодеформируемых материалов

В ФТИ исследования в области пластической деформации труднообрабатываемых материалов начались в 40-е годы 20-го века. В это время ФТИ возглавил академик АН БССР С.И. Губкин. Он сформулировал базовые положения в области пластической деформации, расширил представления о напряженном и деформированном состоянии тел при конечных пластических деформациях, внес огромный вклад в математическую теорию пластичности. Согласно теории С.И. Губкина, для обеспечения пластичности в хрупких телах необходимо наличие трехосного сжатия во всем объеме заготовки, причем, чем резче будет выражена схема всестороннего сжатия, тем в большей мере проявится пластичность материала. Кроме того, должны быть обеспечены условия возможно более равномерного протекания деформации [4, 5].

Дальнейшее развитие теория пластичности и ее основные аспекты (деформируемость, сопротивление деформированию, термомеханические режимы процессов горячего, полугорячего и холодного деформирования) получила в работах академика Северденко В.П. [6]. Академиками Клубовичем В.В. и Степаненко А.В. разработаны теория, способы и оборудование для прокатки



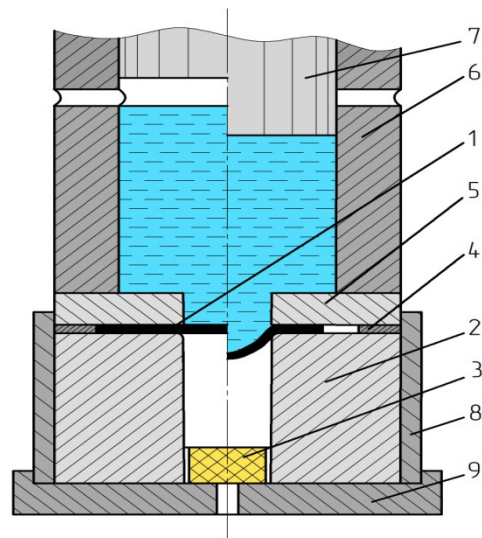
и гидропрессования металла с дополнительным воздействием ультразвука [7].

**Создание и развитие в Физико-техническом институте технологий пластического деформирования через промежуточные среды.** В 60-х годах 20-го века. В.П. Северденко, В.С. Мураком, В.Г. Кантиным, Э.Ш. Суходревым была разработана принципиально новая схема прямого выдавливания с использованием промежуточной среды, которое они назвали «горячее гидродинамическое выдавливание» (ГГДВ) [8]. В качестве промежуточной квазижидкой среды использовали вкладыш из электродного графита, который под воздействием пуансона разрушался, превращаясь в порошок, который заполнял зазор между заготовкой и контейнером, а дальнейшее выдавливание заготовки происходило в псевдожидкой порошковообразной графитовой оболочке.

Следует особо отметить, что основной целью разработчиков было избежать прямого контакта деформируемой заготовки со стенками контейнера, добиться максимальной изоляции заготовки от поверхности матрицы во время ее истечения. Главным фактором, определяющим высокую эффективность течения заготовки из трудно деформируемых материалов – считалось образование промежуточного псевдожидкого слоя у стенок прессовой матрицы. В дальнейшем эти работы были продолжены Покровским А.И. применительно к обработке такого трудно деформируемого материала, как чугун [9].

**Создание и развитие в Физико-техническом институте технологий импульсной гидроударной листовой штамповки через промежуточную среду.** Одновременно с работами по горячему выдавливанию, начиная с 1966 г., в ФТИ проводились эксперименты по холодной штамповке через промежуточные (гидравлические) среды. Их особенностью был импульсный характер нагружения – кратковременное высокоскоростное (порядка микросекунд) воздействие различной природы (ударное, магнитное, электрическое) на материалы с целью их формообразования [10].

Для научного обеспечения этого направления в ФТИ была создана лаборатория физико-химической механики, а ее руководителем назначен канд. техн. наук В.Н. Чачин (1930–1994 гг.) (впоследствии директор ФТИ, лауреат государственной премии, академик, ректор БПИ). Группой гидроударной обработки (Г.К. Седяко, В.С. Петраковский и др.) в 70-е годы разработан принципиально новый метод импульсной гидроударной листовой штамповки, схема которого представлена на рис. 3.



*Рис. 3. Схема импульсной гидроударной штамповки через промежуточную гидравлическую среду (на примере получения детали типа полусферы). Слева от осевой линии – плоская листовая заготовка, справа – отштампованное готовое изделие:*

*1 – заготовка, 2 – матрица, 3 – амортизатор, 4 – центрирующая шайба, 5 – прижим, 6 – рабочая камера, 7 – боек, 8 – обойма, 9 – зажимная плита*

Штамповка производилась импульсом высокого давления, создаваемого в результате удара быстро движущегося бойка по замкнутому объему жидкой (станочная эмульсия) или эластичной среды (полиуретан), заполняющей рабочую камеру пресса. Источником энергии являлся сжатый воздух цеховой типовой пневматической системы. Особенности процесса – кратковременность приложения нагрузки (300–600 мкс) и отсутствие пуансона, роль которого выполняла передающая среда. Коллектив группы гидроударной обработки оказался творческим, достаточно сказать, что в вышедшем в 1978 г. библиографическом указателе трудов [11], выполненных в ФТИ по этой тематике, насчитывается около 300 публикаций.

В практическом плане были разработаны быстропереналаживаемые технологии листовой штамповки для получения широкого круга изделий из листового металла толщиной до 3 мм. Было показано, что обработке успешно подвергаются алюминий, медь и их сплавы, латунь, углеродистая, легированная, нержавеющая, жаропрочная стали, титан, благородные металлы.

Достоинствами технологии являлись возможность быстрой переналадки, недорогая оснастка (до 3 раз дешевле обычной), высокая эффективность при обработке труднодеформируемых



материалов. Постепенно научные и технологические наработки начали реализовываться при изготовлении собственного оригинального оборудования. Была разработана линейка гидроударных прессов с максимальной энергией удара до 25 кДж, имеющих компактные габариты (всего 2,6×2,0 м в плане, высотой 3,6 м) и удобную для транспортировки относительно небольшую массу (до 9 т), показанные на рис. 4.

В качестве рабочей жидкости использовали широко применяемую технологическую эмульсию – обычную смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ). Важно, что энергоносителем являлся сжатый воздух цеховой пневматической системы давлением до 0,63 МПа, что гораздо проще и безопаснее штамповки электрическим разрядом или взрывчатыми веществами. Оборудование создавалось мобильным; такой пресс можно было быстро перевезти на новую площадку, смонтировать в течение суток и, при наличии компрессора, начать работу практически в любых условиях.

Для практического использования главными преимуществами технологии гидроударной штамповки оказались быстрая переналадка и

освоение новых моделей малыми сериями. Они обеспечивали безусловный успех тех проектов, когда требовалось быстрое освоение производства малых серий новых образцов авиационной и военной техники.

Прессы позволяли производить практически все операции холодной листовой штамповки: вытяжку из плоской и пространственной заготовки, раздачу труб и полых заготовок, обжим, формовку, пробивку-вырубку плоских и пространственных деталей, калибровку, отбортовку. Стоит отметить, что многие операции могли быть выполнены совместно за один цикл работы.

Было освоено более сотни различных типов-размеров деталей. Значительная их часть представляла собой чрезвычайно ответственные комплекующие детали для авиационной и военной техники: корпуса «черных ящиков» самолетов, детали обогрева крыла, детали аэродромного оборудования, корпуса гироскопов подводных лодок. Выполнялись и эксклюзивные заказы, в частности, значительная часть дверной фурнитуры для здания парламента Венгрии изготовлена по данной технологии. Заказчики лаборатории –

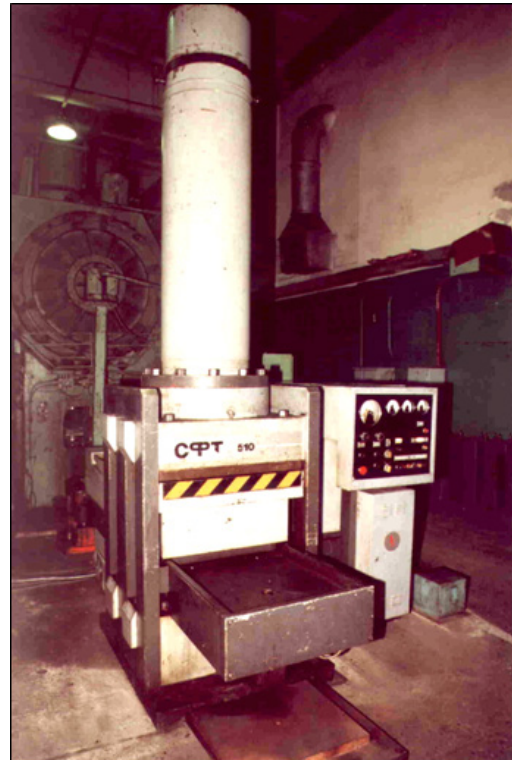


Рис. 4. Разработанные в ФТИ прессы для гидроударной штамповки через промежуточную среду:  
 а – модель СФТ-514 для штамповки через полиуретан  
 б – модель СФТ-510 для штамповки через станочную эмульсию

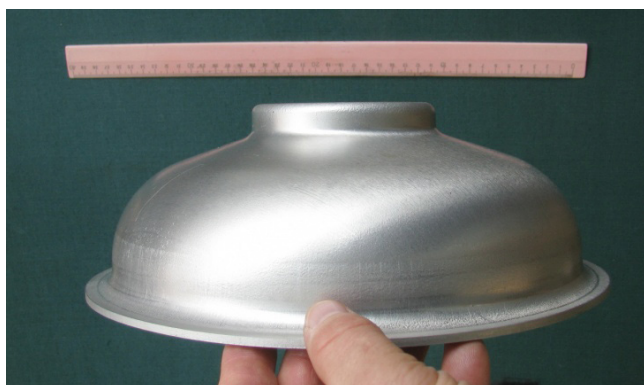
Ташкентский авиационный завод, Харьковский авиационный институт, Куйбышевский моторный завод, Красноярский приборостроительный завод, Минский тракторный завод, завод им. Вавилова и др. Некоторые образцы получаемых деталей приведены на рис. 5.

С 2011 г. заведующим лабораторией назначен канд. техн. наук А.И. Покровский. Наиболее весомым достижением лаборатории в эти годы является успешное изготовление опытных образцов одноячеечного сверхпроводящего ниоби-

евого резонатора для ускорителя электронов и позитронов. Эта работа выполнялась совместно с Объединенным институтом ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна, Россия) в рамках международного проекта ILC (International Linear Collider)). Задача состояла в непосредственном изготовлении экспериментальных образцов резонатора из исходных листовых заготовок. Важно было придать заданную чертежом сложную форму составным частям резонатора – полукамерам с изменяемым по профилю радиусом (рис. 6).



*Рис. 5. Примеры изделий, изготавливаемых в ФТИ НАН Беларуси импульсной гидроударной штамповкой*



*Рис. 6. Внешний вид деталей типа «полукамера» - являющихся составными частями резонатора ускорителя электронов, изготовленных из особо чистого ниобия в ФТИ импульсной гидроударной штамповкой*



Именно соблюдение абсолютной идентичности параметров внутренней поверхности резонатора и обеспечивает последующий «разгон» – эффективное и однородное ускорение всего пучка электронов в ускорителе переменным электромагнитным полем. До настоящего времени во всем мире эти изделия выпускались всего лишь несколькими зарубежными хорошо зарекомендовавшими себя фирмами.

Лабораторией высоких давлений ФТИ были успешно изготовлены требуемые элементы резонатора, причем с высочайшей точностью. Отклонения от номинального размера не превысили 0,05–0,1 мм, а значительная часть изделий отштампована без какого-либо отклонения от номинала. Коэффициент выхода годного при штамповке составил идеальную для штамповки цифру – 100 % (брак полностью отсутствовал), что было очень важно, так как ниобий по стоимости дороже серебра. Технология была высоко оценена министром промышленности Республики Беларусь В.М. Вовком (рис. 7). Основные элементы технологии защищены более, чем 100 патентами, некоторые примеры последних патентов приведены в [12–13].

**О городе Шеньян.** Наши китайские партнеры находятся в городе Шеньян (его старое название Мукден), столице провинции Ляонин. Шеньян входит в десятку крупнейших городов Китая и имеет население около 8 млн. человек. В этом крупнейшем промышленном центре развито многоотраслевое машиностроение, включающее



Рис. 7. Демонстрация процесса импульсной гидроударной штамповки. Слева направо: аспирантка Бакиновская А.А. (научн. сотр.), Вовк В.М. (министр промышленности Беларуси), Петраковский В.С. (вед. научный сотрудник), Покровский А.И. (зав. лабораторией)

производство промышленного оборудования, транспортных средств, электротехники. В городе имеются три аэропорта, расположен головной завод автомобильной компании Brilliance China Auto, объем выпуска только автомобилей BMW (по лицензии) и китайских микроавтобусов достигает 200 тысяч штук в год. Город выглядит как современный американский мегаполис с небоскребами, линиями метро, пятиполосными магистральями и многоуровневыми развязками (рис. 8, + обложка).

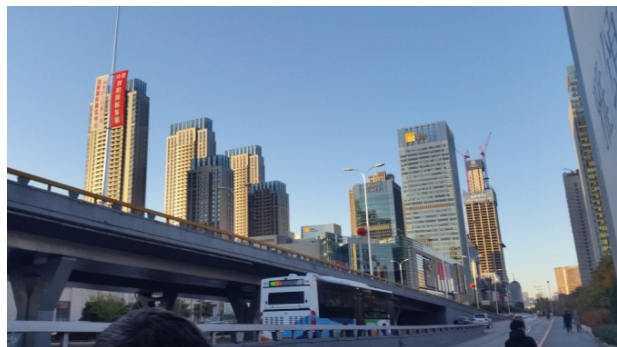


Рис. 8. Так выглядит город Шеньян (КНР), где располагается партнер ФТИ – Институт исследования металлов Китайской академии наук

**Институт исследования металлов (IMR CAS) и его работы в области пластической деформации металлов.** IMR является головным институтом Китайской академии наук в области исследований металлов и технологий их обработки. IMR имеет более высокий статус, чем аналогичные институты других китайских провинций, а о его потенциале можно судить по следующим показателям: численность сотрудников достигает 1000 человек, средний возраст около 40 лет, все научные сотрудники свободно или удовлетворительно владеют английским языком, институт издает несколько научных журналов, при институте создана Национальная лаборатория исследования металлов.

Конкретная тематика сотрудничества между ФТИ и ИМР относится к области пластической деформации металлов и посвящена научным экспериментам и моделированию процессов при гидроформинге (прессовании и штамповке через гидравлические среды) с целью получения различных деталей из листовых и трубчатых заготовок.

Лаборатория гидроформинга ИМР в г. Шеньяне, которой руководит профессор Shi-Hong Zhang, занимается гидропрессованием (по международной терминологии – «hydroforming») изделий сложной конфигурации, как из листовых, так и из трубчатых заготовок (раздача, обжим). Группа профессора Shi-Hong Zhang, помимо фундаментальных исследований пластической деформации, осуществляет научное, конструкторское и технологическое обеспечение получения конкретных деталей для ряда известных фирм («Audi», «Porsche» и др.) по прямым контрактам.

При этом широко используются программы компьютерного моделирования (главным образом «CATIA», а также «ProEngineer», «LSDYNA» и др.), позволяющие заранее оценить штампуемость, заполняемость металлом малых радиусов в форме, вероятность появления трещин и т.д. В использовании этих программ сотрудники ИМР достигли совершенства. Один из примеров используемых программ приведен на рис. 9.

Нужно отметить очень высокую степень публикуемости научных результатов сотрудниками этой группы, причем в самых рейтинговых англоязычных научных журналах. Сам Shi-Hong Zhang является одним из мировых лидеров в области «hydroforming», председатель всемирных комиссий по штамповке и глубокой вытяжке, значительное количество времени проводит за рубежом.

В Китае, и в частности в г. Шеньяне, группа профессо-

ра Shi-Hong Zhang также осуществляет научное обеспечение работ аэрокосмических фирм, например, «Shenyang Aerospace Mitsubishi Motors Engine Manufacturing Co., Ltd.» (SAME), «Shenyang Aircraft Corporation» (SAC). Это крупные корпорации, общее число сотрудников в которых превышает 20 тыс. человек, занимаются производством гражданской и военной авиатехники и изделий для космоса.

**Развитие сотрудничества между ФТИ и ИМР.** Первый раз сотрудники ФТИ посетили ИМР в да-

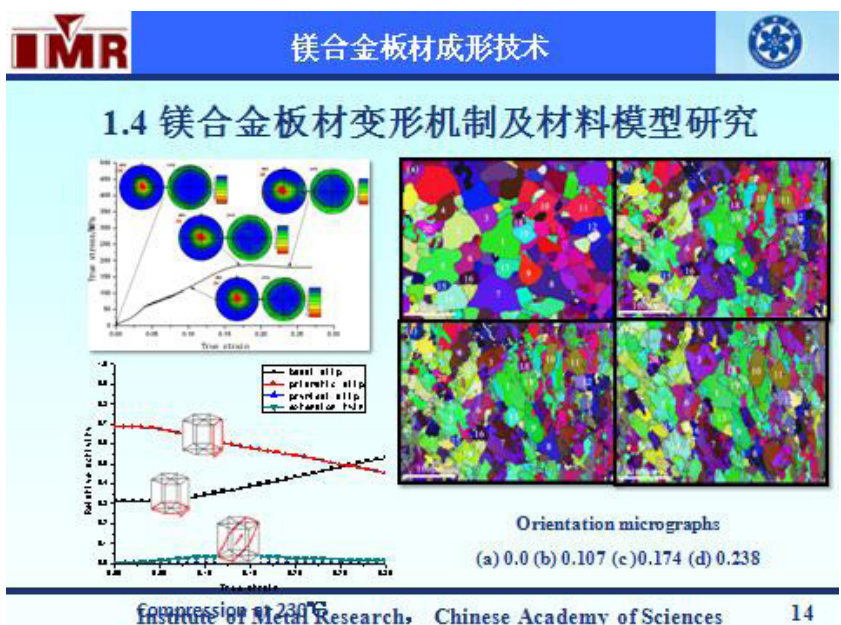
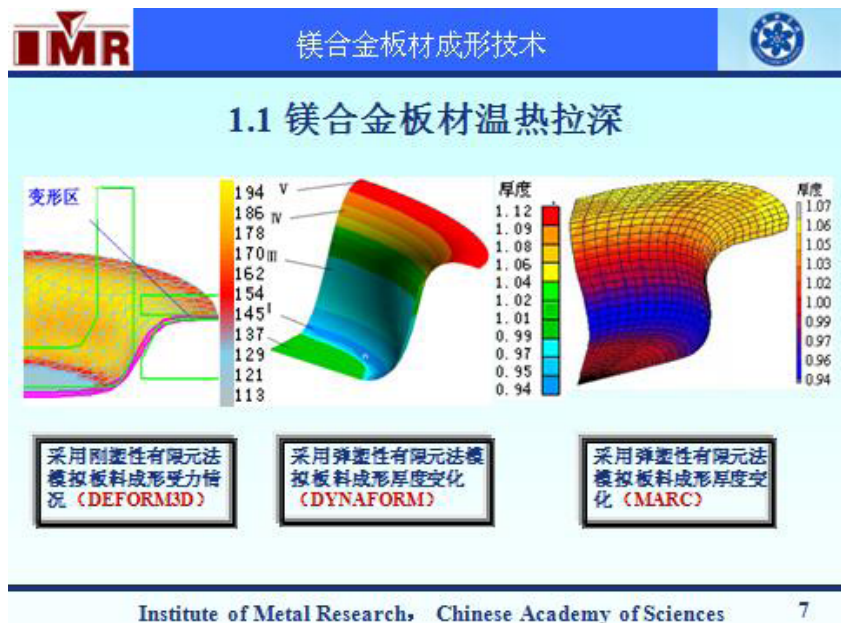


Рис. 9. Примеры моделирования напряжений и формируемой после обработки давлением микроструктуры (слайды из презентации ИМР)

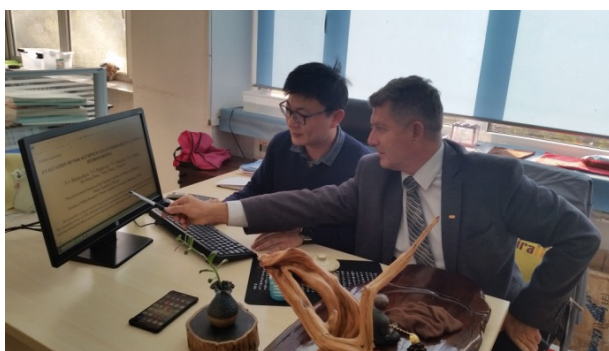


леком 1977 году (академик Степаненко А.В. и д.т.н. Алифанов А.В.). После этого в ФТИ НАН Беларуси прошел стажировку Guan Dehui (ныне – проректор по международному сотрудничеству IMR). С течением времени были подписаны важные соглашения о взаимодействии, позволяющие ученым с обеих сторон встречаться, обмениваться опытом, читать лекции китайским аспирантам (рис. 10)

В настоящее время интерес IMR CAS к сотрудничеству с ФТИ НАН Беларуси обусловлен, вероятно, рядом причин. Во-первых, в ФТИ давно сложилась научная и технологическая школа по импульсной обработке листовых металлических материалов через промежуточные среды и прокатке труднодеформируемых материалов. Во-вторых, в импульсных технологиях ФТИ ис-



а



б



в



г



д

Рис. 10. Фрагменты переговоров, выступлений и чтения лекций:  
 а) зав. лаб. Петренко В.В. рассказывает об основах поперечно-клиновой прокатки,  
 б) к.т.н. Покровский А.И. и доктор Yong Xi обсуждают совместную научную статью,  
 в) к.т.н. Жукова А.А. проводит переговоры по контракту,  
 г, д) аспиранты IMR слушают лекцию по гидроформингу

пользуется очень высокая скорость деформации, которую мало кому удалось достичь; импульс большой энергии подается за очень короткое время (длительность воздействия - микросекунды).

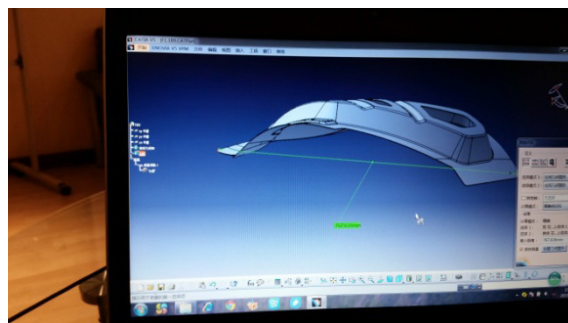
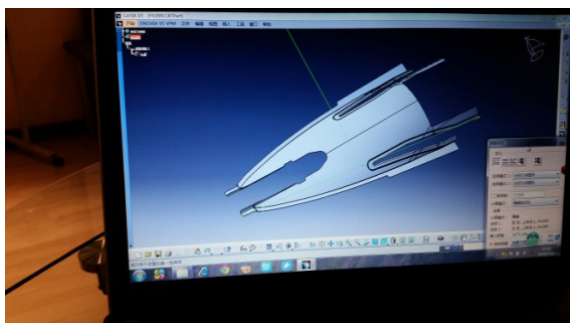
В Китае, как и в большинстве других стран при гидроформинге используют области относительно низких скоростей деформации (длительность цикла обработки от 30 секунд и выше). По нашей терминологии это является очень медленным гидропрессованием. Во-вторых, в ФТИ имеется уникальное оборудование - действующие установки.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что при импульсном варианте гидроформинга по сравнению с обычным, медленным, гораздо лучше заполняемость формы штампа, лучше обрабатываются трудно деформируемые материалы, а в случае обработки сплавов типа Инконель в условиях поперечно-клиновой прокатки удается значительно расширить интервал деформируемости.

Совместным исследованиям в области пластической обработки авиационных материалов и посвящено наше сотрудничество в настоящее время. Одна из проблем авиационной техники заключается в необходимости оперативного изготовления не-

больших (сотни штук), а иногда даже единичных (десятки штук) партий деталей. Оперативность в этой отрасли требуется на стадии создания экспериментальных и опытных образцов, когда нужно быстро сконструировать и опробовать новую модель самолета или вертолета и решать: дорабатывать ее, отклонять или запускать в серию. На этом этапе необходимость быстропереналаживаемой технологии штамповки крайне актуальна.

В предварительных переговорах китайской стороной были представлены для обсуждения более 40 эскизов и чертежей авиационных деталей, которые являются для них проблемными в изготовлении. Теоретически все детали подходят под технологию импульсной штамповки ФТИ, причем по тиражам они занимают именно «нишу» малотиражных деталей (например, годовая программа одной из деталей составляет всего 10 штук – вероятно, это экспериментальные образцы новых моделей техники). По сложности все обсуждаемые детали – сложные и очень сложные, которые в Китае не удастся получить обычным (медленным) гидроформингом. Детали имеют перемычки, пережимы, глубокие выемки, для заполнения которых металлу просто «не от куда браться» (рис. 11).



*Рис. 11. Примеры изделий авиационной техники, получаемые штамповкой (фото предоставлено китайской стороной)*



*Рис. 12 Доктор Yong Хи вместе с директором завода гидравлических прессов (г.Шеньян) демонстрируют работу устройства пульсирующего гидроформинга*



Нужно признать, что китайская сторона пытается существенно интенсифицировать процесс заполнения формы штампа при «медленном» гидроформинге за счет дополнительного использования циклического нагружения, для чего разработаны специальные устройства (рис. 12).

Для экспериментов и отработки технологии группа Shi-Hong Zhang используют оборудование фирмы «Shenyang star hydraulic press factory», где на сравнительно небольшой площади расположено большое число очень мощных гидравлических прессов. Нужно отметить, что для размещения нового оборудования IMR CAS также используется и недавно предоставленная институту т.н. «вторая площадка» на окраине Шеньяна. Там расположено несколько больших и пока еще пустых цехов, которые активно заполняются своим и покупным оборудованием.

Что касается успешности проведения процесса пластического формообразования авиационных изделий, то еще одной проблемой является то, что в авиации вообще, а в китайской, в частности, конструкторы закладывают в чертежи порой 10-ти кратный запас прочности и, соответственно, настаивают на изготовлении деталей из наиболее прочных марок алюминиевых сплавов (которые при обработке оказываются достаточно мало пластичными, «жесткими», нетехнологичными).

Общеизвестно, что алюминиевые сплавы на сегодняшний день являются одними из самых широко распространенных в аэрокосмической промышленности материалов, что объясняется совокупностью ряда физических, механических и эксплуатационных характеристик. Невысокая физическая плотность, достаточно высокие прочностные характеристики, высокая коррозионная стойкость, хорошая тепло- и электропроводность делают алюминиевые сплавы надежными конструкционными материалами в авиации. Одним из таких материалов является сплав 5A06. В странах СНГ более известен его аналог - АМг6. В этой связи интересно отметить, что в Китае алюминиевые сплавы имеют сложную маркировку, но при детальной расшифровке химического состава зачастую оказываются «клонами» советских разработок 30-х годов. Например, вся гамма высокопрочных алюминиевых сплавов аналогична советским ГОСТам.

В 2015 году между нашими институтами был подписан первый коммерческий контракт. Тематика контракта была обусловлена тем, что в условиях традиционного медленного гидро-

прессования в Китае алюминиевый лист класса «дюралюминий» показывает ограниченную пластичность, что проявлялось на готовых изделиях в виде трещин, надрывов, гофра.

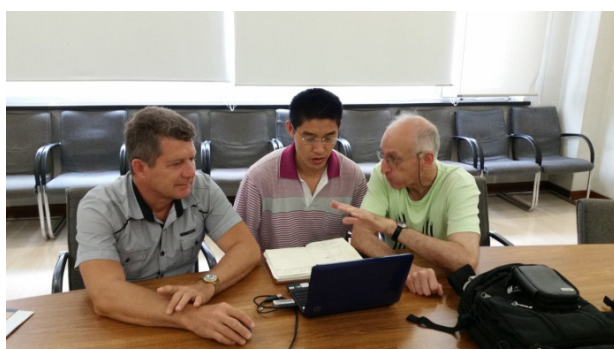
Для подготовки к получению конкретных деталей предполагалось последовательно решить следующие задачи. ФТИ НАН Беларуси изготовил штамповую оснастку для получения некоторой небольшой модельной детали типа «колпачка» или «стаканчика», которая бы формой, радиусами, переходами повторяла бы проблемные места реальной детали. Китайская сторона предоставляла материал (алюминиевый лист). ФТИ на своем оборудовании провел опытную штамповку такого стаканчика при различных энергосиловых параметрах, специально недозаполняя форму штампа или наоборот, искусственно доводя образец до разрушения. Стороны неоднократно проводились обсуждения результатов экспериментов, прежде чем определили оптимальные энергосиловые параметры процесса гидроформинга (рис. 13).

После обработки результатов была построена своеобразная диаграмма пластичности, из анализа которой становились предельно ясными области технологических параметров, обеспечивающих бездефектную штамповку. Исходя из полученных результатов, была отработана технология гидроудара при получении из этого материала уже вполне реальной детали на имеющейся в ФТИ оснастке. Поскольку качество штамповок в ФТИ не вызвало никаких сомнений сейчас готовится совместное окончательное решение об изготовлении на базе ФТИ уже конкретной авиационной детали по китайским чертежам.

#### **Создание совместной лаборатории.**

Между тем, эффективность работы по прямым контрактам в том случае, когда партнеры - два академических института (причем оба из которых финансируются из бюджета), могла бы, наверное, быть выше. Ведь обе организации в большей мере занимаются наукой, а не коммерцией и не всегда могут позволить себе оплачивать сторонние контракты.

К тому же, как известно, в умении вести переговоры о величине договорной цене китайцам, пожалуй, нет равных в мире. Представители азиатской страны с тысячелетней историей, освоившей письменность на несколько веков раньше европейских стран, и имеющих фантастический природный дар к дипломатии, в большинстве случаев переигрывают европейских партнеров в финансовом торге.



*Рис. 13. Обсуждение хода выполнения белорусско-китайского контракта и результатов экспериментов по штампуемости при импульсном гидроформинге*

Таким образом, обсуждения в среде технических специалистов, знающих сильные и слабые стороны друг друга, в процессе подписания контракта, могут затягиваться до бесконечности. Но как говорил Конфуций: «Тот, кто указывает на твои недостатки, не всегда твой враг; тот, кто говорит о твоих достоинствах, не всегда твой друг».

Так не лучше ли, объединить опыт друг друга и располагаться «по одну сторону баррикад». Это даст возможность реализовать совместные разработки третьим сторонам, выступать единым фронтом, ведя совместные исследования и, максимально используя сильные стороны друг друга.

Китайский руководитель проекта профессор Shi-Hong Zhang и директор ФТИ НАН Беларуси доктор В.Г. Залесский здраво рассудили, что не стоит сидеть друг напротив друга за столом переговоров: «Друга без изъяна не бывает; если

будешь искать изъян - останешься без друга» (Конфуций). Тем более это малопродуктивно в той области техники, в которой у каждого имеется множество наработок. И новой ступенькой в наших взаимоотношениях стало создание совместной лаборатории прогрессивных методов обработки металлов давлением.

Соответствующее соглашение было подписано летом 2017г в г. Минске. (рис. 14 + обложка).

25 октября 2017г. в г. Шэньян (провинция Ляонин, КНР) состоялось открытие совместной научно-исследовательской лаборатории ФТИ НАН Беларуси и Института исследования металлов КАН. Ее название - лаборатория передовых методов обработки металлов давлением ("Advanced Metal Forming Technologies"). Со стороны ФТИ НАН Беларуси присутствовали заведующий лабораторией предельной деформируе-





Рис. 14. Подписание соглашения об открытии совместной лаборатории



Рис. 15. Церемония открытия совместной лаборатории в г.Шеньяне 25.10.2017 г.

мости и поперечно-клиновой прокатки В.В. Петренко и заведующий лабораторией высоких давлений и специальных сплавов А.И. Покровский (рис. 15, фото обложка).

Со стороны Института исследования металлов КАН участие в открытии приняли директор института Rui Yang, начальник управления международного сотрудничества бюро по науке и технологиям г. Шеньяна Yu Hongyan, заведующий отделом деформационных технологий профессор Shi-Hong Zhang, а также весь большой коллектив сотрудников этого отдела (фото обложка).

Основные направления деятельности совместной лаборатории: исследование процессов высокоскоростного гидроударного деформирования листовых и трубчатых деталей и прокатки сложно деформируемых железоникелевых сплавов, используемых в авиационной промышленности.

Мы рассчитываем на широкий круг потребителей создаваемой научно-технической продукции, как в Китае (например, «Shenyang Aerospace Mitsubishi Motors Engine Manufacturing», «Shenyang Aircraft Corporation», так и в Беларуси (например, авиаремонтные заводы), в том числе и в Белорусско-китайском индустриальном парке «Великий камень» (рис. 17, фото обложка). Некоторых резидентов этого парка Shi-Hong Zhang и сотрудники IMR давно знают.

Немаловажно отметить, что совместная лаборатория предусматривает возможность использования высококласного исследовательского оборудования Shenyang National Laboratory for Materials Science (SYNL). Лаборатория - фактически еще один маленький институт, расположенный на площадях IMR и имеет статус «национальной». Это означает, что она в значительной мере финансируется из бюджета и оснащена са-



Рис. 17. Во время переговоров сотрудников IMR CAS и ФТИ НАН Беларуси с администрацией индустриального парка «Великий камень»

мым современным дорогостоящим оборудованием. Например, имеется десяток установок, стоимость которых превышает один миллион долларов. Нужно отметить, что все оборудование постоянно задействовано в исследованиях (*фото обложка*).

Важно, что деятельность совместной белорусско-китайской лаборатории предусматривает обмен аспирантами и техническими специалистами в рамках выполнения совместных работ, причем с финансированием за счет бюджета Китая. Соответствующие кандидатуры перспективных молодых ученых от ФТИ уже подготовлены.

#### **Резюме**

Идеи неравномерного всестороннего сжатия и гидропрессования, заложенные Т. Карманом и П. Бриджменом, развитые и дополненные С.И. Губкиным, В.П. Северденко, А.В. Степаненко, В.В. Клубовичем, их учениками и последователями, удалось успешно трансформировать в Физико-техническом институте НАН Беларуси в конкретные технологические процессы и высококлассное оборудование.

Основными преимуществами процесса гидропрессования по сравнению с обычным прес-

сованием являются: наиболее полное раскрытие потенциала пластичности пластических характеристик хрупких, малопластичных и трудно деформируемых материалов, расширение технологических особенностей процесса, улучшение структуры и свойств получаемых изделий. Очевидной «нишей» технологии импульсной гидроударной листовой штамповки является мелкосерийное производство, где эффект достигается за счет высокой равномерности прилагаемой нагрузки, низкой металлоемкости штамповой оснастки, быстрого освоения новых моделей.

Сотрудничество с Институтом исследования металлов Китайской академии наук и создание совместной лаборатории, очевидно, придаст новый импульс эффективного внедрения процессов пластической обработки металлов в реальном секторе экономики.

Совместная лаборатория ФТИ НАН Беларуси - IMR CAS сможет реализовать разработанные и проверенные на практике быстропереналаживаемые технологии листовой штамповки широкого круга изделий из алюминия, углеродистой, нержавеющей, жаропрочной стали, титана, латуни, меди, серебра, платины, ниобия толщинами от 0,5 до 3 мм.

#### **Список использованной литературы**

1. Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach / Callister, William D., Rethwisch, David G. 2012 - Technology & Engineering - 910 pages.
2. Бриджмен П. В., Новейшие работы в области высоких давлений / Бриджмен П. В. // Успехи физических наук. – 1947. – Т.31, № 3. – С. 346–402.
3. Bridgman P.W. The physics of high pressure. Dover Publications, 1931 - 398 pages. Русский перевод книги: Исследование больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. – 444 с.
4. Губкин, С.И. Теория течения металлического вещества / С.И. Губкин, М.; Л.: ОНТИ, 1935.
5. Губкин С.И. Пластическая деформация материалов / С.И. Губкин, Т.1-3. – М.: Металлургиздат, 1960-61.
6. Северденко, В.П. Теория обработки металлов давлением / В.П. Северденко. – Минск: Высшая школа, 1966, – 224 с.
7. Клубович, В.В., Степаненко А.В., Ультразвуковая обработка материалов. Мн.: Наука и техника, 1981. - 295 с.
8. Северденко, В.П. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента / В.П. Северденко, В.С. Мураш, Э.Ш. Суходрев. – Минск: Наука и техника. 1974, – 254 с
9. Покровский, А.И. Горячая пластическая деформация чугуна: структура, свойства, технологические основы. Мн: Беларуская навука. – 2010. – 256 с.
10. Импульсные методы обработки металлов: Сб. ст. под ред. В.Н. Чачина. – Минск: Наука и техника, 1977. – 216с.
11. Библиографический указатель трудов, выполненных в ФТИ АН БССР по импульсным методам обработки материалов. – Минск: ФТИ АН БССР, 1978. – 31 с.
12. Гидроударная штамповка полукамер резонатора из сверхчистого ниобия. Состояние и перспективы создания резонаторов для нового поколения линейных ускорителей и коллайдеров: Труды международного рабочего совещания (Минск, 22–25 апреля 2014 г.) – [А.Ю. Журавский и др.]. Дубна: ОИЯИ, 2015 г. – 81 с. Стр. 42 – 48.
13. Устройство для ударной штамповки тонколистовых материалов на прессе: Пат. Респ. Беларусь 19098 от 30.04.2015 г. / А.Ю. Журавский, В.С. Петраковский, Г.Н. Здор, М.А. Батурицкий, А.И. Покровский, Н.Ю. Гутько.
14. Способ ударной штамповки деталей из листового материала эластичной средой: Пат. Респ. Беларусь 19099 от 30.04.2015 г. / А.Ю. Журавский, В.С. Петраковский, Г.Н. Здор, М.А. Батурицкий, А.И. Покровский, Н.Ю. Гутько.

УДК 658.012.011

# БЕЛОРУССКИЙ БИЗНЕС-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «EEN BELARUS» – ИНСТРУМЕНТ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

*Александр Успенский,*

*директор Республиканского центра трансфера технологий, координатор проекта «EEN Belarus», зав. отделом ГНУ «Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси»*



Продвижение научно-технической продукции и услуг на зарубежные рынки, диверсификация поставок продукции на новые рынки, увеличение доли высокотехнологичной продукции в общем объеме экспорта, выявление наиболее перспективных новых технологий для освоения и развития в Беларуси – задачи, которые постоянно стоят перед республикой как страной, не обладающей большими природными ресурсами. Важную роль в решении данных задач играет поиск и освоение новых инструментов, способствующих информационной поддержке международного научно-технического и инновационного сотрудничества Беларуси.

В июне 2015 г. в результате конкурсного отбора Республиканский центр трансфера технологий (РЦТТ) стал контактной точкой Европейской сети трансфера технологий, развития предпринимательства и установления партнерств в области научных исследований (The Enterprise Europe Network – EEN; <http://een.ec.europa.eu/>) и координатором Белорусского бизнес-инновационного центра «EEN Belarus» [1].

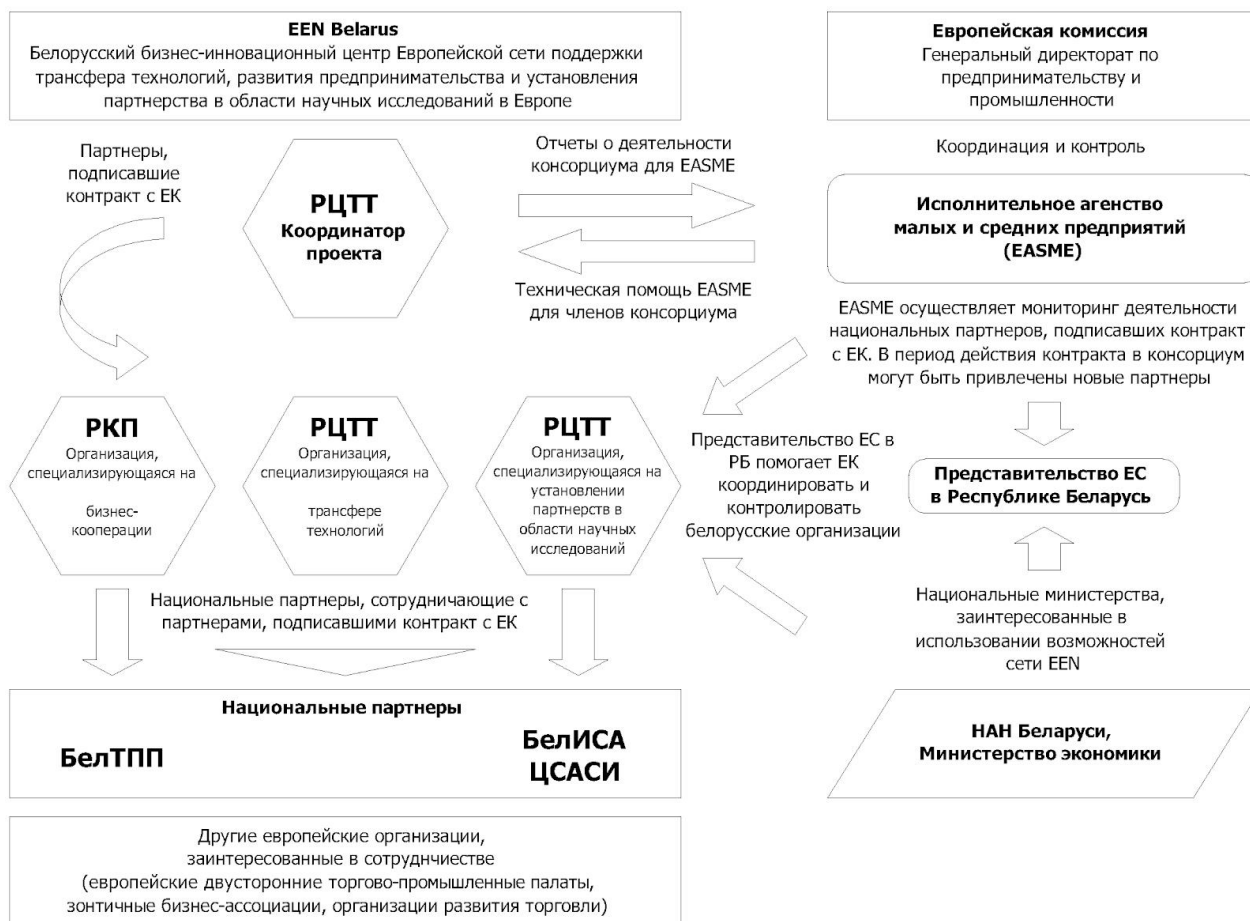
Сеть EEN имеет более 600 контактных точек в 66 странах, включая все страны ЕС, а также США, Китай, Россию, Японию, Бразилию, Индию, Израиль и др. Она поддерживается Еврокомиссией (ЕК) в рамках Европейской программы повышения конкурентоспособности малых и средних предприятий (COSME) и является ключевым инструментом политики ЕС с области трансфера технологий, развития предпринимательства и установления партнерства в области научных исследований и бизнеса.

Координатором «EEN Belarus» выступает РЦТТ, его партнером по проекту является Союз юридических лиц «Республиканская конфедерация предпринимательства».

Проект получил поддержку со стороны НАН Беларуси, Министерства экономики Республики Беларусь и Представительства Европейского союза в Беларуси. Его действие рассчитано до 31.12.2021г. Цель проекта – содействие трансферу технологий, бизнес-кооперации и партнерству в научных изысканиях среди малых и средних предприятий и научных организаций нашей страны и ЕС, направленное на повышение их конкурентоспособности.

Реализация проекта «EEN Belarus» предусматривает тесное сотрудничество с европейскими торгово-промышленными палатами, зонтичными





*Структура Белорусского бизнес-инновационного центра «EEN Belarus»*

бизнес-ассоциациями и организациями развития торговли.

Структура центра «EEN Belarus» приведена на рисунке.

Спектр услуг, которые «EEN Belarus» оказывает своим клиентам (научно-исследовательским организациям, университетам, малым и средним предприятиям (МСП)), физическим лицам затрагивает три направления:

- трансфер технологий;
- бизнес-кооперация;
- установление партнерств в области научных исследований.

Трансфер технологий включает:

- консультации и информационное обеспечение клиентов в области инноваций, трансфера и коммерциализации технологий (в том числе относительно действующих программ и открытых конкурсов в поддержку развития инноваций, передачи знаний и технологий);
- выявление и описание технологического

потенциала (предложений) и (или) технологических потребностей, ориентированных на поиск европейских и (или) белорусских партнеров, в установленном формате сети EEN;

- распространение описаний технологических потребностей и предложений (в том числе европейских) и нахождение релевантных европейских либо белорусских партнеров;

– установление и содействие в организации первичных контактов между белорусской и европейской сторонами (перенаправление информации, уточнение вопросов);

– поддержку клиентов в участии в брокерских встречах, деловых миссиях и других сетевых мероприятиях, направленных на осуществление партнерств, или продвижение проектов клиентов на таких мероприятиях;

– содействие в ведении переговоров по заключению контракта;

– другие услуги, входящие в компетенцию центра (на договорной основе): разработку биз-



нес-планов, защиту интеллектуальной собственности, организацию участия в выставках, в том числе зарубежных, и др.

Бизнес-кооперация предполагает:

- помощь в подготовке и продвижении через сеть EEN бизнес запросов и предложений в формате сети EEN, ориентированных на поиск партнеров;

- распространение описаний бизнес запросов и предложений в целях нахождения релевантных зарубежных/белорусских партнеров;

- предоставление информации о белорусском и европейском законодательстве в области предпринимательской деятельности, программах и политике ЕС и Беларуси в области поддержки МСП, возможностях и требованиях рынков ЕС;

- содействие в организации первичных контактов между белорусской и зарубежной сторонами – перенаправление информации, уточнение вопросов;

- поддержку участия представителей белорусских организаций в брокерских встречах, деловых миссиях и других сетевых мероприятиях, направленных на осуществление партнерств, или продвижение проектов клиентов на таких мероприятиях;

- содействие в ведении переговоров по заключению контрактов;

- другие услуги (на договорной основе): инвестиционный, управленческий, юридический и другие виды консалтинга для предприятий малого и среднего бизнеса.

Установление партнерств в области научных исследований направлено на:

- помощь в подготовке и продвижении через сеть EEN запросов на выполнение НИОК(Т)Р в формате сети EEN, ориентированных на поиск партнеров;

- консультирование по правилам участия в европейских международных программах поддержки научных исследований ЕС (H2020, Erasmus+ и др.);

- распространение запросов на выполнение НИОК(Т)Р в целях нахождения релевантных зарубежных/белорусских партнеров;

- содействие в организации первичных контактов между белорусской и зарубежной сторонами – перенаправление информации, уточнение вопросов;

- поддержку участия представителей белорусских организаций в брокерских встречах, деловых миссиях и других сетевых мероприятиях, направленных на осуществление партнерств, или

продвижение проектов клиентов на таких мероприятиях;

- содействие в ведении переговоров по заключению контрактов;

- содействие в налаживании связей с тематическими белорусскими национальными контактными точками по поддержке участия в проектах Программы H2020.

В целях обеспечения клиентов РЦТТ необходимой методической литературой по работе в сети EEN, на интернет-портале РЦТТ (<http://ictt.by>) в разделе «Методические руководства» (<http://ictt.by/rus/Default.aspx?tabid=40>) размещено девять оригинальных методических руководств, подготовленных специалистами сети EEN, а также руководство, подготовленное специалистами РЦТТ по заказу НАН Беларуси – Продвижение результатов исследований и наукоемких услуг на внешний рынок. Методическое руководство по продвижению результатов исследований и наукоемких услуг организаций НАН Беларуси на внешний рынок через Европейскую сеть поддержки трансфера технологий, развития предпринимательства и установления партнерств в области научных исследований EEN. Мн. : Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси, 2017. – 140 с. [2]. Все методические руководства находятся в открытом доступе.

Необходимо подчеркнуть, что по состоянию на 19.06.2018 г. в сети EEN размещено 6 461 профилей из 66 стран мира, в том числе 4 487 бизнес-предложений, 493 бизнес запроса, 28 запросов на выполнение НИОК(Т)Р, 1 260 технологических предложений, 194 технологических запроса.

Как следует из отчета об эффективности работы бизнес-инновационных центров сети EEN в третьих странах в 2015 г. [2], между европейскими организациями и организациями из третьих стран было заключено: 64 коммерческих соглашения на поставку продукции европейских компаний в третьи страны, 35 соглашений на поставку технологий в третьи страны или приобретение технологий в третьих странах, 41 соглашение на проведение НИОК(Т)Р.

Данные показатели явились результатом того, что в 2015 г. третьи страны разместили в сети EEN 571 профиль, к которым, а также ранее размещенным профилям из третьих стран проявили интерес 1 050 европейских компаний. В свою очередь, 1 662 фирмы из третьих стран проявили интерес к европейским технологиям. В 2015 г. состоялись 13 657 переговоров между представите-

лями третьих стран и стран ЕС на брокерских мероприятиях в рамках международных выставок и визитов в компании, организованных контактными точками в рамках сети EEN.

На данный момент РЦТТ в рамках центра «EEN Belarus» является соорганизатором 28 брокерских мероприятий сети EEN. Провел 2 тренинга по работе в сети EEN для белорусских специалистов в рамках контактно-кооперационной биржи в сфере энергетики и энергоэффективности в рамках проекта INNOVER-EAST (12.05.2016 г., Минск) и тренингов для национальных контактных точек программы «Горизонт 2020» по вопросам поиска партнеров с использованием наиболее широко применяемых для этих целей электронных систем – CORDIS, EEN и Idealist (10.06.2016 г., Минск). Разместил 20 профилей белорусских организаций в сети EEN из которых на текущий момент 8 активны, в том числе шесть технологических предложений и два бизнес-предложение. По просьбе контактных точек сети EEN на интернет-портале РЦТТ <http://ictt.by> опубликованы:

- объявления о 28 брокерских мероприятиях сети EEN, в которых «EEN Belarus» является соорганизатором;

- подготовленный Бирмингемской торгово-промышленной палатой (Великобритания). Каталог бизнес-запросов и бизнес-предложений британских компаний, который содержит пять бизнес-запросов и 19 бизнес-предложений, связанных с поиском дистрибьютеров и оказанием услуг, в частности, на территории Беларуси (15.01.2016 г.);

- подготовленный Бирмингемской торгово-промышленной палатой (Великобритания). Каталог бизнес-запросов и бизнес-предложений британских компаний, который содержит 10 бизнес-запросов, связанных с поиском дистрибьютеров и оказанием услуг, в частности, на территории Беларуси (23.09.2016 г.);

- информация об Ирландском международном конкурсе стартапов 25.03.2016 г. (поддержка «стартап» предпринимателей, которые хотели бы перенести свой бизнес в Ирландию);

- технологическое предложение ТО 1966 «Электронно-управляемые актуаторы для использования в перспективных приложениях»; немецкая компания ищет партнеров в России, Украине, Молдавии и Беларуси (18.12.2015 г.);

- технологическое предложение польской компании ТО 1988 «Прибор для измерения сопротивления изоляции» (29.02.2016 г.);

- технологический запрос немецкой компании

TR 523 «Требуются бывшие в употреблении сцепления грузовых автомобилей для восстановления» (11.03.2016 г.);

- технологический запрос TR 526 «Польской компании требуется бумага (целлюлоза) для производства салфеток» (8.06.2016 г.);

- технологический запрос TR 530 «Турецкому производителю резервуаров для хранения необходимо решение проблемы тепловидения при низких температурах» (11.07.2016 г.);

- технологический запрос турецкой компании TR 527 «Покрытие для аэрозольного баллончика с едким раствором йода» (11.07.2016 г.);

- технологический запрос TR 531 «Корейская компания ищет партнера для интеграции ИКТ в бронезилет» (3.08.2016 г.);

- технологический запрос TR 534 «Китайская рекламная компания ищет анимационные, видео- и информационные технологии» (11.08.2016 г.);

- технологический запрос китайской компании TR 536 «Требуются авиадвигатель, вертолетная трансмиссионная система и газовая турбина» (11.08.2016 г.);

- технологическое предложение ТО 2008 «Британская компания ищет в Восточной Европе дистрибьютеров и разработчиков экологических средств для защиты сельскохозяйственных культур» (20.11.2016);

- технологический запрос TR 541 «Датская компания хочет передать на аутсорсинг производство металлических деталей для грузовых автомобилей» (23.01.2017);

- технологический запрос TR 543 «Крупный немецкий производитель сельскохозяйственной техники ищет поставщиков изделий из пластика и других деталей для сборки кабин» (09.03.2017);

- технологический запрос TR 545 «Требуются высокоэффективные, маломикронные волокна для улучшения характеристик продукции» (17.03.2017);

- технологическое предложение ТО 2194 «Чешская компания – изготовитель и разработчик изделий на основе резины предлагает свою продукцию и услуги предприятиям сельского хозяйства, добывающей, машиностроительной и автомобильной промышленности» (23.06.2017);

- технологический запрос TR 546 «Требуются передовые технологии и компании в области функциональных нанопокровов» (13.07.2017);

- технологическое предложение ТО 2197 «Австрийская компания-разработчик беспроводного зарядного устройства ищет дистрибьютора» (18.07.2017);

– технологический запрос TR 550 «Китайской компании требуется технология нанесения алмазных покрытий» (18.01.2018).

Более подробную информацию о возможностях сети EEN юридические и физические лица Республики Беларусь могут получить в Республиканском центре трансфера технологий:

адрес: пр. Независимости, 66-100, 220072,  
Минск, Беларусь

директор: Успенский Александр Алексеевич  
тел./факс: +375 17 284 14 99

E-mail: [rctt.by@mail.ru](mailto:rctt.by@mail.ru)  
<http://ictt.by>

#### *Список литературы*

1. Успенский, А.А. Белорусский бизнес-инновационный центр «EEN Belarus»: новая ступень сотрудничества ЕС и Беларуси / А.А. Успенский // Наука и инновации. – 2015. – № 8(150). – С. 71–72.
2. Успенский, А.А. и др. Продвижение результатов исследований и наукоемких услуг на внешний рынок. Методическое руководство по продвижению результатов исследований и наукоемких услуг организаций НАН Беларуси на внешний рынок через Европейскую сеть поддержки трансфера технологий, развития предпринимательства и установления партнерств в области научных исследований EEN / Александр Алексеевич Успенский, Виталий Владимирович Кузьмин, Алексей Александрович Успенский, Максим Сергеевич Прибыльский : под ред. А.А. Успенского – Мн. : Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси, 2017. – 140 с. – ISBN 978-985-6999-18-8 1. – Режим доступа : [http://ictt.by/Docs/news/2017/12/2017-12-26\\_01/EEN\\_RnD\\_Promo\\_2017\\_RU.pdf](http://ictt.by/Docs/news/2017/12/2017-12-26_01/EEN_RnD_Promo_2017_RU.pdf). – Дата доступа : 19.06.2018.
3. Steiert, T. Performance Report 2015. Business Cooperation Centres of the Enterprise Europe Network / T. Steiert ; European Commission. – Brussels, 2016. – 17 p. – Режим доступа : [http://ictt.by/Docs/news/2016/04/2016-04-15\\_01/EEN\\_BCC\\_Performance\\_Report\\_2015\\_EN.pdf](http://ictt.by/Docs/news/2016/04/2016-04-15_01/EEN_BCC_Performance_Report_2015_EN.pdf). – Дата доступа : 19.06.2018.



## ЭФФЕКТИВНАЯ МАШИНА ДЛЯ РЕМОНТА ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

*А.В. Вавилов, д.т.н., профессор, иностранный член РААСН*

*В.В. Лапенок, магистр технических наук*

*Белорусский национальный технический университет*

В Беларуси имеются десятки тысяч километров грунтовых дорог, значительная часть которых требует постоянных ремонтов. Руководством страны поставлена задача до 2020 года построить и отремонтировать 7 тысяч километров дорог, в том числе и грунтовых.

Распространенным способом ремонта грунтовых дорог с достаточно изношенным профилем дороги, является применение комплекса машин, состоящего из бульдозера и фронтального погрузчика. Погрузчик в этом случае разрабатывает грунт в месте забоя, транспортирует к проблемным участкам дороги и разгружает его. Далее к работе подключается бульдозер, который и восстанавливает профиль дороги. Положительным при реализации данного способа является наличие в дорожных организациях необходимой техники и простота технологии. Главным недостатком является применение нескольких единиц техники, небольшая дальность транспортирования грунта бульдозером, наличие дополнительных затрат на обслуживание и ремонт применяемых машин (рис. 1).

Зарубежный опыт показывает успешное применение для этих целей одного малогабаритного прицепного скрепера. Наиболее подходящей моделью для данного вида работ является прицепной скрепер упрощенной конструкции голландской фирмы АП Машинбоув. Объем перевозимого грунта за один рабочий цикл составляет 6 м<sup>3</sup>

(рис. 2). Рабочая ширина ножа скрепера – 2,3 метра, его вес 2 тонны, агрегируется трактором класса тяги 14 кН [1].

Габариты машины и ее возможности идеально подходят для целей ремонта и содержания, например грунтовых лесных дорог, позволяя значительно снизить себестоимость ремонта этих дорог за счет сокращения числа задействованной техники и персонала (один человек и одна машина делают всю работу). Эта машина одна способна выполнять все основные операции и заменяет фронтальный погрузчик, который погрузит грунт для подсыпки дорог и транспортирует его грунта к месту выгрузки, а также заменяет бульдозер, который разравнивает грунт на месте его выгрузки и окончательная планирует.

Преимуществом рассматриваемого скрепера является совмещение операций, небольшие затраты на ремонт дорог за счет сокращения холостого пробега машины, единиц задействованной техники и персонала. Недостатком является отсутствие белорусского аналога.

Сегодня такой скрепер приобретен и успешно эксплуатируется в Стародорожском опытном лесхозе Минского ПЛХО. С целью организации производства скреперов в Республике Беларусь для обеспечения импортозамещения был проведен расчет экономической эффективности скрепера по известной методике [2]. В качестве базовой машины применен трактор Беларусь 1221.

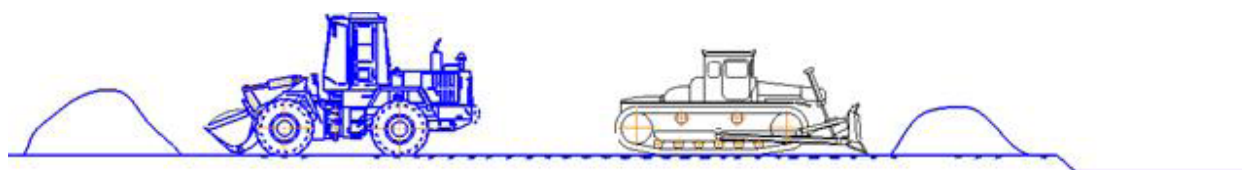


Рис. 1. Схема работы погрузчика и бульдозера



Рис. 2. Скрепер фирмы Mashinebouw

Себестоимость выполненных работ можно в общем виде определить по формуле [2–5]:

$$C_{ед} = \frac{C_{м-ч}}{\Pi_э}, \text{ руб/м}^3$$

где  $C_{м-ч}$  – планово расчетная цена 1 маш.-ч (руб)  
 $\Pi_э$  – эксплуатационная производительность машины  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

В общем виде стоимость машино-часа определяется по формуле [2]:

$$C_{м-ч} = Z_a + Z_{зп} + Z_{эн} + Z_{то} + Z_{ос} + Z_{пб},$$

где  $Z_a$  – амортизационные отчисления, руб.;  
 $Z_{зп}$  – заработная плата машинистов, руб.;  
 $Z_{эн}$  – затраты на энергоносители, смазочные материалы и гидравлическую жидкость, руб.;  
 $Z_{то}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб.;  
 $Z_{ос}$  – затраты на сменную оснастку, руб;  
 $Z_{пб}$  – затраты на перебазировку техники, руб.  
 Эксплуатационная производительность бульдозера [2]:

$$\Pi_{эб} = \frac{3600 \cdot q}{T_{ц}} \cdot k_n \cdot k_y \cdot k_g, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $T_{ц}$  – продолжительность рабочего цикла, с;  
 $q$  – объем призмы волочения,  $\text{м}^3$ ;  
 $k_n$  – коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировке ( $k_n = 0,65$ );  
 $k_y$  – коэффициент наполнения геометрического объема призмы волочения грунтом ( $k_y = 0,85 \dots 1,05$ );  
 $k_g$  – коэффициент использования машины по времени ( $k_g = 0,8 \dots 0,9$ ).

Эксплуатационная производительность погрузчика [2]:

$$\Pi_{эп} = \frac{3600 \cdot V \cdot k_1 \cdot k_2}{t_з + t_{гх} + t_p + t_{xx}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $V$  – объем ковша,  $\text{м}^3$ , принимаем  $V = 1,9 \text{ м}^3$ ;  
 $t_з$  – время, загрузки погрузчика, с, принимаем  $t_з = 7 \text{ с}$ ;

$t_{рх}$  – время на транспортировку груженого погрузчика, с, принимаем  $t_{рх} = 30 \text{ с}$ ;

$t_p$  – время разгрузки, с, принимаем  $t_p = 20 \text{ с}$ ;

$t_{xx}$  – время на транспортировку порожнего распределителя до базы, мин, принимаем  $t_{xx} = 30 \text{ с}$ .

Определяем производительность скрепера по формуле [2]:

$$\Pi_{эс} = (3600 \cdot q \cdot K_n \cdot K_p) / (T_{ц} \cdot K_g), \text{ м}^3/\text{ч}$$

$q$  – ёмкость ковша,  $q = 6 \text{ м}^3$ ;

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша скрепера,  $K_n = 1$ ;

$K_p$  – коэффициент разрыхления, принимаем  $K_p = 1,2$ ;

$K_g$  – коэффициент использования рабочего времени,  $K_g = 0,8$ .

Тогда себестоимость производства единицы продукции, выполняемые бульдозером и погрузчиком:

$$\begin{aligned} C_{ед,б+п} &= \frac{C_{м-ч,б}}{\Pi_{эб}} + \frac{C_{м-ч,п}}{\Pi_{эп}} = \\ &= \frac{3.68 + 1.98 + 21.26 + 23.27 + 4.5 + 0.27}{16,4} + \\ &+ \frac{4.57 + 1.32 + 21.54 + 4.29 + 3.5 + 0.02}{68} = \\ &= \frac{54,94}{16,4} + \frac{35}{68} = 3,87 \text{ руб/м}^3 \end{aligned}$$

А для скрепера:

$$\begin{aligned} C_{ед,с} &= \frac{C_{м-ч,с}}{\Pi_{эс}} = \\ &= \frac{4.95 + 1.98 + 19.57 + 23.5 + 4.5 + 0.29}{80} = \\ &= \frac{54,79}{80} = 0,68 \text{ руб/м}^3 \end{aligned}$$

Таким образом, экономическая эффективность от применения скрепера для проведения ремонтных работ на грунтовых дорогах равняется 3,19 руб/м<sup>3</sup>.

Предлагаемый вариант машины должен полу-

чить широкое распространение в нашей стране, так как доказана целесообразность создания отечественного малогабаритного прицепного скрепера к отечественному серийно выпускаемому трактору Беларусь 1221.

#### *Литература*

1. Machine construction/ Earth moving/ AP Scrapers. Product catalogue. Rutten, 2011.—10 с.
2. Вавилов А.В. Экономическое проектирование технологических машин строительного комплекса / А. В. Вавилов. — Минск: Стринко, 2003. — 100 с.
3. Кузин Э.Н. Оценка технико-экономического уровня строительных и дорожных машин // Э.Н. Кузин, В.П. Варфоломеев Управление техническим уровнем и эффективностью строительных и дорожных машин: Сб. ст. /Под ред. А.Я. Ландсмана. — М.: ЦНИИТЭстроймаш. 1989. — Вып. 116.— С. 3–9
4. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / Гос. ком. Совета министров СССР по науке и технике. — М.: Ин-т Оргтранстрой. 1977.—42 с.
5. Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорений научно-технического прогресса /Госком. СССР по науке и технике, АН СССР. — М., 1988.—19 с.



УДК 621.435

# ВОДОНАГРЕВАТЕЛИ С ПУЛЬСАЦИОННОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ

*Северянин В.С.*

## Введение

До широкого использования электрических водонагревателей, обусловленного получением электроэнергии на установках развивающейся ядерной энергетики, основным источником теплоты в настоящее время является процесс горения органического топлива, организованный в соответствующих теплотехнических устройствах.

Кроме мощных котлов на тепловых электростанциях, крупных котельных, различных технологических линиях, имеется значительный диапазон потребностей в агрегатах малой и средней мощности, например – в автономных далеко расположенных системах отопления, получения пара, горячей воды и других теплоносителей, а также в транспортных объектах, энергопоездах, экспедиционных сооружениях и т.д.

Естественно, к таким теплогенерирующим аппаратам предъявляются, в первую очередь, габаритно-весовые, экономические и экологические требования. Остаются общеэкономические и эксплуатационные: стоимость, надежность, удобство обслуживания, разнообразие типов топлива и применения в различных объектах без существенных изменений.

Одним из методов, позволяющих решить эти задачи, является так называемое пульсирующее горение [1, 2], представляющее собой физико-химический процесс тепловыделения при сжигании топлив в нестационарном газовом потоке.

Исследования установок с пульсирующим горением показали перспективность метода для ряда практических приложений. Ниже кратко излагаются основные свойства пульсирующего горения и несколько примеров новых практических разработок.

## Физические, конструкционные, технологические особенности пульсирующего горения

Проведенные исследования [1, 2] показывают следующее.

1. Интенсификация горения. Благодаря интенсивной турбулизации [3] скорость горения на порядок выше, чем при обычном стационарном горении.

2. Интенсификация конвективного теплообмена. Особенно важно для плотных котельных пучков, где малы числа Рейнольдса, обуславливающие этот процесс.

3. Автонадув. Устройство способно само снабжать себя воздухом, работая как насос, а также удалять продукты сгорания.

4. Очищающее действие на поверхности нагрева. При этом работает как струя газа, так и акустическая волна. Известен метод акустической очистки поверхности котлов [1], основанный на пульсирующем горении.

5. Уменьшение вредных выбросов. При минимальных коэффициентах избытка воздуха химические и физические недожоги отсутствуют.

6. Снижение температуры факела. Часть энергии топлива расходуется на механические колебания потока, поэтому энтальпия несколько снижается, облегчая работу материала топочной камеры.

7. Уменьшение эксергетических потерь. Эксергия реализуется для движения газового потока [4].

8. Теплофикационный эффект. Теплофикация – это передача теплоты потребителю после производства потоком механической работы. Поэтому самонаддув экономичнее, чем действие дутьевых

вентиляторов и дымососов с электроприводом.

9. Стабилизирующее действие теплосъема из устройства на режим пульсаций [5] благодаря имеющимся амплитудно-фазовым соотношениям.

10. Распыление жидких струй. Пульсации газа резко интенсифицируют измельчение капель [6]. Это улучшает подготовку топлива к сжиганию до и в самой точке.

Основные параметры, характеризующие пульсирующий газовый поток в рассматриваемом явлении являются: частота пульсаций  $f$ , амплитуда давления  $\Delta P$ , амплитуда колебаний скорости  $\Delta w$ :

$$f = \frac{c}{4L}, \quad c = 20\sqrt{T}, \quad (1)$$

$$\Delta P = \frac{Q_H^p \cdot B}{4V \cdot f}, \quad \text{Па} \quad (2)$$

$$\Delta w = \frac{\Delta P}{\rho c}, \quad \text{м/сек} \quad (3)$$

где  $L$  – акустическая длина устройства,  $c$  – скорость звука,  $T$  – средняя температура,  $V$  – объем,  $B$  – расход топлива,  $Q_H^p$  – его теплота сгорания,  $\rho$  – плотность газа.

Несмотря на упрощения при получении выражений (1) и (2), точности их достаточны для оценки эксплуатационных характеристик. Средняя скорость потока определяется по расчету продуктов сгорания, переменная скорость – по акустическим зависимостям (3).

Вышеуказанные свойства пульсирующего горения применительно к огненным водонагревателям дают следующие особенности.

1. Видимое отсутствие топки, т.к. теплосъем возможен почти из факела, что резко сокращает габариты.

2. Устойчивый пульсационный режим позволяет применять разнообразные компоновочные решения (формы, расположение, сочетания).

3. Интенсивный теплообмен при холодном нагреваемом теплоносителе приводит к выпадению конденсата из продуктов сгорания.

4. Компактность и большие тепловые потоки увеличивают приемистость теплогенератора [8], т.е. улучшают пусковые характеристики и работу в переменных режимах.

5. Унификация по топливу. Благодаря пониженным требованиям к топливу (воспламенение, дожигание, распыление), устройствам доступен широкий диапазон качества топлива с минимальными переделками топливного и топочного оборудования.

6. Насосные качества газового тракта устройства используются для снижения расхода энергии на собственные нужды вплоть до отказа на вентиляторное воздушное дутье и удаление продуктов сгорания.

7. Акустические свойства требуют определенных геометрических соотношений по газовому тракту. Поэтому изменение тепловой мощности легче всего решать по модульному принципу, т.е. количеством установок.

8. Механические вибрации приводят не только к повышению коэффициента теплоотдачи, но и ускоряют закипание жидкостей. Это качество проявляется совершенно новым методом интенсификации рабочих режимов водонагревателей. Таким образом, пульсационное воздействие в рекуперативном теплообмене газ-жидкость не только усиливает тепловой поток на газовой стороне, что является обычным теплотехническим приемом, но и со стороны жидкости, при соответствующем конструктивном оформлении.

#### Теплогенератор водонагревателя

Особые свойства пульсирующего горения позволяют изготовить источник теплоты, так называемую камеру пульсирующего горения КПП, – оптимально подходящую для малогабаритных интенсивных (большой удельной мощности) водонагревателей. Передача теплоты воде – через стенки резонансной трубы и камеры воспламенения, внутри которых резко интенсифицирована теплоотдача.

На рис. 1 (изображение сверху и снизу – изделе с разных ракурсов) представлена разработанная для малогабаритного котла КПП. Главная особенность – свернутая в компактную спираль, выходящая из камеры воспламенения 1, резонансная труба 2. Аэродинамический воздушный клапан 3 не имеет движущихся частей. Форсунка или горелка 4 (см. далее) механического типа с регулируемым расходом топлива (соляр или газ – природный или любой другой). Факел поджигается искровой электросвечой 5. Патрубок 6 – это дренаж из камеры воспламенения 1 несгоревшего топлива. На схеме показаны основные размеры, при этом А – наиболее теплонапряженные части, В – движение воздуха, газов, звуковое излучение. КПП испытывалось при расходе топлива 10–60 кг/час, частота пульсаций 30–70 герц, сила звука 105–110 дБ, температура газа на выхлопе 900–1100 °С, недожоги отсутствовали после доводки топливной системы.

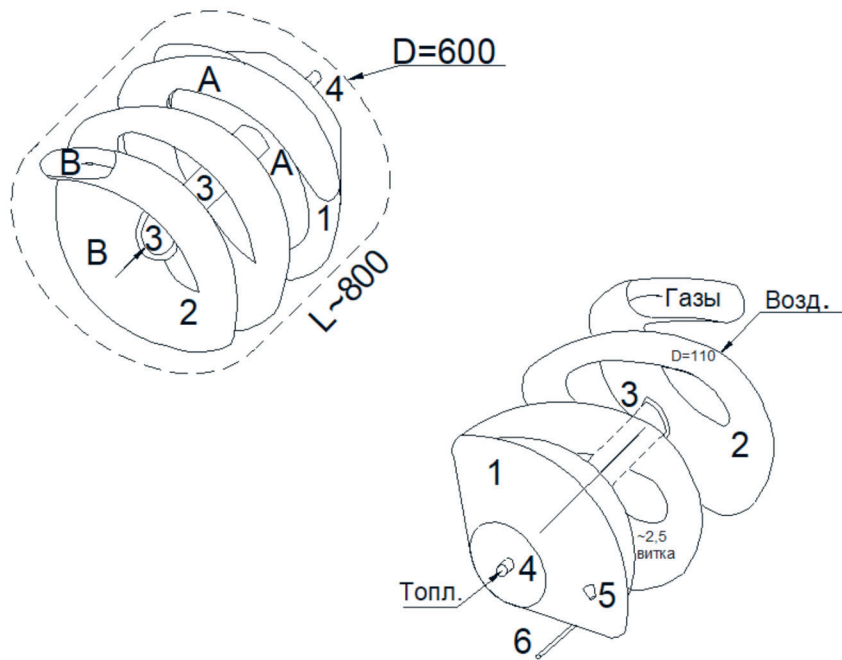


Рис. 1. КПГ

Сложность изготовления резонансной трубы с малым радиусомгиба из труб впоследствии привела к предложению изготавливать ее из листовой стали. Сварочные работы увеличились, но компоновки упростились.

Для работы на газообразном топливе низкого давления, что характерно для многих потребителей этого энергоресурса, было разработано горелочное устройство, показанное на рис. 2. Оно представляет собой механический клапан. Для

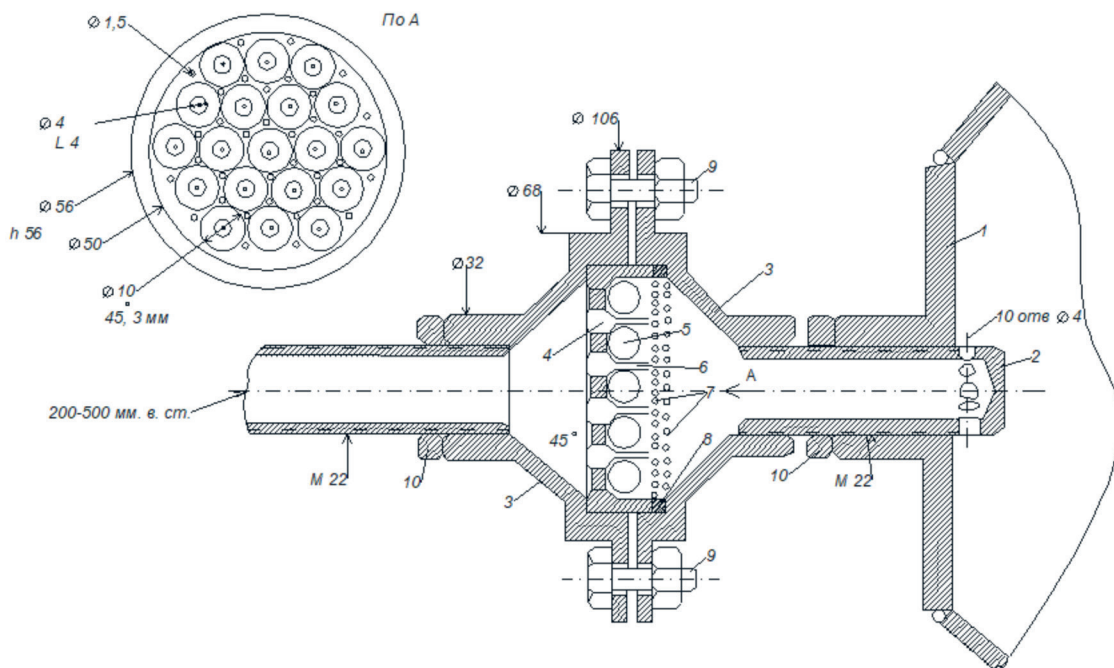


Рис. 2. Подача газа



повышения надежности и долговечности работы устройства запирающий орган выбран в виде шариков из тефлона диаметром 8 мм, в количестве 19 штук. В КПП 1 введена горелка 2, имеющая 10 отверстий диаметром 4, что позволяет подать на горение достаточное количество газа низкого давления. Крышки 3 клапана фиксируют корпус 4 клапана, в каналах которого располагаются шарики 5. С одной стороны они ограничены отверстиями в корпусе 4, с другой – сеткой 7 из нихромовой проволоки с ячейкой 1–2 мм. Сетка 7 закреплена на штырях 6. Ход колебаний шариков – 3–4 мм. Элементы 8, 9, 10 – сборочные. Основные размеры, принятые при изготовлении, показаны по схеме. Так как шарики работают разными участками своей поверхности при контакте с отверстиями корпуса 4, поворачиваясь и вращаясь, то время эксплуатации этого горелочного устройства значительно больше работы других типов механических клапанов (лепестковых, флажковых и т.п., которые были использованы, например, на ФАУ-1). Материал шариков (тефлон и т.п.) так же увеличивает ресурс.

Представленная газовая горелка с описанным клапаном легко заменяется жидкостной форсункой, и наоборот. Это упрощает эксплуатацию теплогенератора. Горелочное устройство удобно в эксплуатации, легко ремонтируется, с применением возобновляемых шариков.

### **Водогрейный котел**

Описанная выше КПП с упомянутыми усовершенствованиями была установлена в экспериментальном водогрейном котле, внешний вид которого в действии изображен на фотографиях рис. 3. Цель исследования, проведенного на Минском заводе отопительного оборудования – проверить схемные решения, особенности изготовления, монтажа, эксплуатации.

Котел представлял собой цилиндр диаметром 600 мм длиной 780 мм из листовой стали толщиной 10 мм. Петли резонансной трубы распо-



*Рис. 3. Водогрейный котёл*

лагались по периферии окружности цилиндра, а внутренняя осевая часть – воздухопровод, в который выведен аэродинамический клапан. На нижней фотографии в центре виден светящийся факел, сориентированный напротив аэродинамического клапана. Выход продуктов сгорания – наклонная труба над цилиндром. На верхней фотографии показан подвод холодной воды и отвод горячей (правый торец цилиндра, на котором расположен топливопривод к форсунке, которая установлена на стенке камеры воспламенения).

КПГ конусного типа смонтирована своей камерой воспламенения на правом торце, выход резонансной трубы – у левого торца (см. верхний снимок). Там же, по оси установки – подача воздуха в режиме самовсаса. Пусковой воздух – удаляемый воздушный шланг от внешнего вентилятора малой мощности. Топливная система (топливный бак, насос с электроприводом, фильтр, вентили, манометр) и электросхема (свеча зажигания, трансформатор, переключатели, элементы безопасности) можно собрать в отдельном энергоблоке. Все это вспомогательное оборудование легко обеспечивается дистанционным управлением и автоматикой.

Во время испытаний получены следующие параметры и характеристики.

Расход воды – 6 т/час, температура холодной воды 9 °С (опыты велись в зимнее время, трубопровод от водопровода технической воды проле-

гал открыто), температура горячей воды 32 °С, длительность данного опыта – 1 час. Расход топлива (соляр) – 15 кг/час, тепловая мощность по топливу 170 кВт. КПД по тепловому балансу 80–90 %. давление топлива перед форсункой 5/10 атм. Температура уходящих газов 120–150 °С. Оценка силы звука – 90–110 дБ. Пульсации устойчивые в большом диапазоне нагрузок (от 50 % до 120 % относительно исходного уровня).

Представленный на рис. 3 водогрейный котел может быть рекомендован (естественно, с определенными доработками по требованию заказчика) как высокофорсированный теплогенератор.

Вместе с тем он может быть базой для создания более мощных и эффективных энергоагрегатов, примером которых является конструкция по рис. 4.

Для снижения звукового излучения от агрегата предлагается использовать противофазную компоновку, когда генерирующие гармонические колебания элементы автоматически настраиваются так, что при максимуме давления в одном получается минимум в другом. Поэтому две КПГ, установленные своими аэродинамическими клапанами навстречу друг другу, кроме увеличения общей тепловой мощности, могут снизить шумовое загрязнение окружающей среды. Конструкция на рис. 4 – это не что иное как сдвоенная система по рис. 3, по упомянутому модульному принципу.

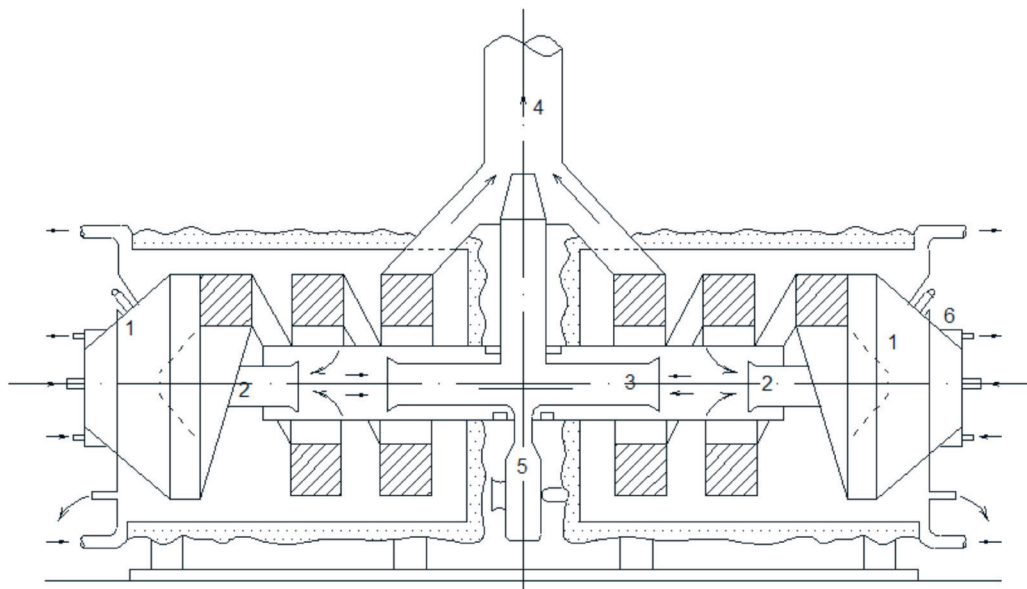


Рис. 4. Сдвоенный котёл



Две КПГ 1, имеющие свергнутые резонансные трубы квадратного сечения, между витками по оси – аэродинамические клапаны 2, направленные на напорную трубу 3, которая входит в выхлопную трубу 4. К напорной подсоединен вентилятор 5. Для сжигания тяжелого топлива (мазут) имеется подогреватель 6. Для удержания противофазного режима, как показали опыты, необходимо соответствие тепловой работы (в основном – температуры) в обеих КПГ, см (1). Это достигается равенством подачи топлива при помощи простого регулятора (датчик частоты, компаратор, вентили).

При работе напорная труба 3 эжектирует выхлопные газы, чем улучшается действие КПГ. Описываемая конструкция целесообразна для дальнейшего совершенствования водоподогревателей с пульсационной интенсификацией по газовой стороне.

#### Вибрационный нагреватель

Выше было указано на возможность интенсификации теплоотдачи вода – стенка при пульсирующем горении. Обычно теплоотдача вода – стенка намного сильнее теплоотдачи стенка – газ, поэтому в первую очередь стремятся усилить процесс с газовой стороны.

В самом деле, коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (4)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи с газовой и водяной стороны,  $\alpha_1 \ll \alpha_2$ ;  $\delta$  – толщина стенки,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала стены. Слагаемое  $\delta / \lambda$  намного меньше других слагаемых в знаменателе, поэтому

$$K \approx \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \approx \alpha_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \approx \alpha_1,$$

т.к.  $\frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \approx 1,$

т.е. обычно теплообмен обусловлен процессом с газовой стороны.

Однако при резком росте  $\alpha_1$ , что дает пульсационный

режим течения газа при пульсирующем горении топлива в теплогенераторе водонагревателя, для увеличения  $K$  уже нужно увеличивать и  $\alpha_2$ .

Известны различные методы усиления теплоотдачи жидкость – стенка (скорость, колебания, пульсации, вихри, химические и физические добавки, давление, повороты, мешалки и т.д.). Но устройства пульсирующего горения, кроме акустического шума, выделяют еще одно технологическое явление – вибрации. Это колебания различных элементов (в основном плоских стенок) с различной амплитудой, зависящей от жесткости, массы, формы, крепления и т.д. В соприкасающейся с таким элементом жидкости погранич-

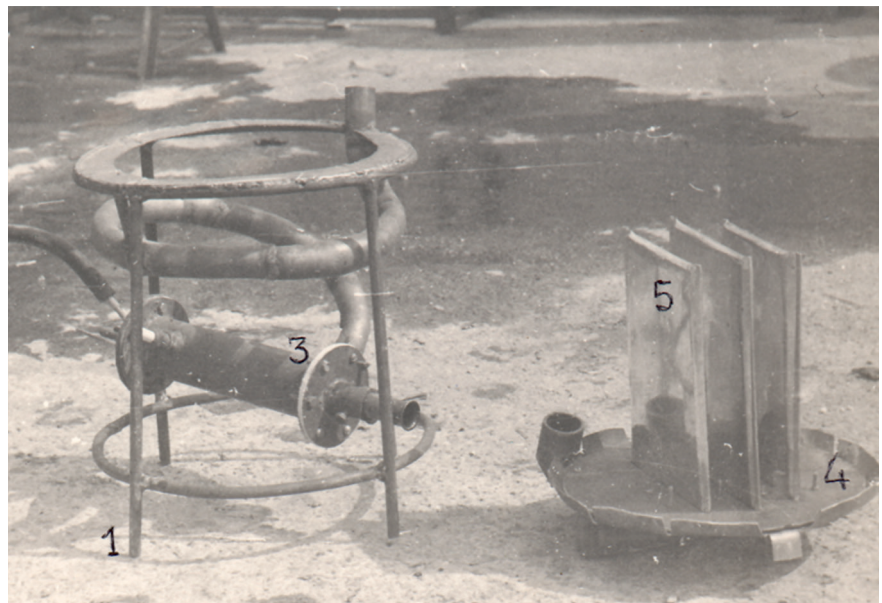
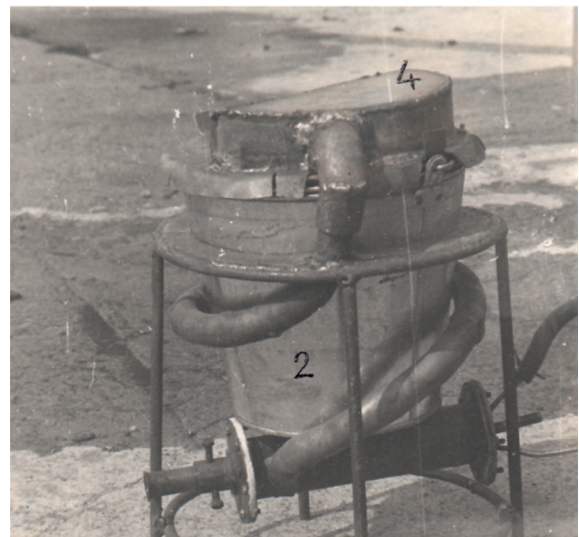


Рис. 5. Вибрационный нагреватель



ный слой утончается, разрушается, усиливается молярный и молекулярный перенос, т.е. увеличивается  $\alpha_2$ . Задача заключается в соответствующем правильном конструировании теплообменника.

Разработанный в Брестском техническом университете вибрационный водонагреватель представлен на рис. 5. В корпусе 1 расположена съемная емкость 2 (ведро). Снизу корпуса 1 закреплена КПП 3, работающая на газообразном топливе (пропан – бутан из баллона), подаваемом шлангом, с давлением после редуктора 0,1–0,5 атм. Резонансная труба КПП спирально охватывает и фиксирует емкость 2. Справа от КПП виден воздушный аэродинамический клапан, через который вводилась пусковая электросвеча или небольшой пусковой факел. Емкость 2 сверху закрывается крышкой 4, верхняя часть которой – коллектор, в который вставляется конец резонансной трубы КПП. Снизу к крышке 4 прикреплены три плоских коробки теплообменника 5. Коробки изготовлены из жести толщиной 0,5 мм, размер коробки 200×100×10 мм. Полость каждой коробки соединена с полостью коллектора на крышке 4, а щелевой выход – на задней стенке. Ход газа внутри коробки – из коллектора вниз, поворот, выход сверху крышки 4. На нижней фотографии крышка 4 с теплообменником 5 показана в перевернутом виде. При работе КПП выхлопные газы создают вибрацию стенок коробок теплообменника 5 с амплитудой по центру плоскости порядка 0,1–0,5 мм в зависимости от режима КПП.

В испытаниях сравнивались процессы с вибрациями и без вибраций (в последнем случае

между коробками вставлялись ребра, препятствующие вибрациям, и скреплялись обматывающей проволокой). При одинаковом расходе топлива зафиксирован интересный результат: при вибрациях появление пузырьков в воде (фиксатор кипения) начиналось на 10–20 % по времени раньше, чем без вибраций. Общая температура и энтальпия воды поднимались одинаково. Поэтому такое псевдокипение означает интенсификацию тепломассообмена. Кроме того, теплообменник самоочищается при загрязненной жидкости.

Описываемый вибрационный нагреватель, безусловно, требует доводки (универсальность, внешний вид, коммерческие качества и т.д.), но главное значение этой разработки – новое направление совершенствования теплотехнических устройств.

### Выводы

1. Представленные свойства особого метода сжигания топлива – так называемого пульсирующего горения – открывают перспективу в создании теплогенерирующих устройств малой и средней мощности для удовлетворения запросов многочисленных потребителей теплового оборудования.

2. Конструкция и эксплуатация водонагревателей в виде водогрейных котлов малой и средней мощности сравнительно просты, надежны, универсальны.

3. Для интенсификации теплообмена в устройствах с пульсирующим горением можно использовать вибрацию отдельных элементов устройств, что является новым предложением в развитии теплотехнического оборудования.

### Литература

1. Попов, В.А. Технологическое пульсационное горение / Попов В.А., В.С. Северянин, А.М. Авакумов. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 с.
2. Северянин, В.С. Установки пульсирующего горения / В.С. Северянин // Вестник Московского государственного технического университета. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1995. – №1. – С. 32–40.
3. Северянин, В.С., О скорости обдувания твердой частицы в пульсирующем потоке газа / В.С. Северянин // Инженерно-физический журнал, том XXII, №1. – Минск, 1972. – Стр. 166–167.
4. Северянин, В.С. Камеры пульсирующего горения – генераторы теплоты к механической энергии / В.С. Северянин // Журнал ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК. – №2. – 2017. – Стр. 13–17.
5. Северянин, В.С. О нагревателях с пульсирующим горением / В.С. Северянин // Журнал Энергетика, Известия ВУЗов. – №5. – 1974. – Стр. 142–146.
6. Северянин, В.С. Распыление топлива пульсирующим газовым потоком / В.С. Северянин // ЭНЕРГЕТИКА, Известия ВУЗов. – №9. – 1991. – Стр. 114–120.
7. Северянин, В.С. Оценка амплитуды давления при пульсирующем горении / В.С. Северянин, В.М. Яскевич // Журнал ЭНЕРГЕТИКА, Известия ВУЗов. – №2. – 1983. – Стр. 89–90.
8. Северянин, В.С. Приемистость устройств пульсирующего горения / В.С. Северянин // Журнал ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК. – №4. – 2017. – Стр. 5–9.

## НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НОВАЦИИ ПРИ ВОВЛЕЧЕНИИ В ОБОРОТ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

*А. П. Ласковнев<sup>1</sup>, А. И Гарост<sup>2</sup>*

*Физико-технический институт НАН Беларуси*

*Белорусский государственный технологический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

Известный английский писатель-фантаст и футуролог Артур Кларк в книге «Черты будущего» сформулировал «закон Кларка» для прогнозирования развития техники: «Когда компетентный, но пожилой, ученый говорит, что что-либо возможно, он почти наверняка прав, когда же он говорит, что нечто неосуществимо, то весьма вероятно, что он ошибается» [2]. Можно сослаться в этой связи на не подтвердившиеся прогнозы Герца о практической неприменимости электромагнитных волн и Резерфорда – об атомной энергии. С другой стороны, Дж. Ри еще в 1953 г. предсказал высадку человека на Луну в 1970 г., тогда как ученые, работавшие в этой области, называли 1985 г. Вообще же, как показала практика, парадоксальное в технике – понятие относительное, зависящее от степени технического консерватизма тех, на чей суд отдаются изобретения. Пионерские изобретения чаще всего встречаются в штывки. Эти ошибки часто быстро исправляются. Однако известны случаи, когда жизнь сурово наказала консерваторов техники: англичане отказались взять по репарации «Фольксваген», посчитав, что машина, мотор у которой расположен сзади, бесперспективна. В дальнейшем «Фольксваген» побил все рекорды производства и экспорта, нанеся, в том числе, ряд ощутимых поражений английскому автопрому, и продолжает являться лидером в области машиностроения [1].

Поиск практически любой инновации сводится к нахождению ошибок в традиционных знаниях и убеждениях (Ларри Эллисон) [1].

Именно отсутствие междисциплинарных взглядов с глубоким анализом существующих

проблем при подготовке и повышении квалификации специалистов в профильных учебных и научных учреждениях и местнические интересы в ряде случаев затрудняют или нивелирует приоритет пионерных разработок.

Наиболее беспроигрышным вариантом является воплощение совершенной инновационной инфраструктуры, где осуществляется полный инновационный цикл — от рождения идеи до производства на ее основе продукции. В данном случае заслуживает внимания опыт эффективной деятельности Института технологии металлов НАН Беларуси, работающего по беспроигрышному варианту: все новые технологические приемы и инновационные решения апробируются в производственных условиях [7]. Результаты лабораторных испытаний в большинстве случаев имеют опосредственное отношение к натурным испытаниям, так как не соблюдаются (чаще, даже не обсуждаются) соответствие природы и модели, когда необходимо выдерживать геометрическое подобие и равенство ряда безразмерных параметров для модели и природы [1]. По этой причине значительная часть интереснейших разработок остаются не реализованными, а предложенные в них идеи используются более продвинутыми в организационном плане зарубежными организациями.

С целью содействия продвижению на внутреннем и международном рынке перспективно инновационное предложение должны быть поставлено на строгий учет, причем оценку научного и практического уровня разработки целесообразно поручать производственникам и ученым-практикам с опытом реализации (например, в течение

последних 5 – 10 лет) инновационно значимых разработок. В этом случае все рецензенты должны всесторонне изучить рассматриваемое техническое решение и нести персональную ответственность за выданную рецензию, а после принятия положительного решения производственники, наряду с разработчиком, в равной степени продвигать инновационное решение в промышленность. В этом случае нужно исключить влияние местных интересов, а профильные учебные и научные учреждения могут взять на себя рекламу и обучение специалистов с учетом созданных новинок. Автору во многих случаях сложно без информационной поддержки продвигать разработку (даже при наличии небольшого финансирования). Каждая инновационная разработка должна проходить научное рецензирование и публиковаться в ведущих мировых изданиях (это подтвердит ее уровень).

**Проблемы промышленных отходов**

Среди потребительских свойств изделий, по мнению американского исследователя К. Ульриха, одной из категорий является рациональное использование ресурсов, оценивающей целесообразность расходования (с точки зрения стоимости и качества) средств на изготовление, функциональность продукции, материалоемкость, с учетом факторов, касающихся экологии и взаимодействия с окружающей средой [3].

Любое производство имеет определенные сопутствующие проблемы и последствия, а именно промышленные отходы.

Как решить экологические проблемы такого рода? Конечно, следуя заведенному на такой

случай алгоритму начать нужно с действий по ликвидации отходов с предприятий. Отработки производства – это остатки твердых, жидких или газообразных веществ природного, или антропогенного происхождения, состав может быть вариативным. Некоторую часть можно использовать при создании технологий ориентированных на использование промышленных отходов и полупродуктов смежных с машиностроением производств, способствующих одновременно экономии материальных и энергетических ресурсов, снижению вредных выбросов и повышению качественных характеристик сплавов. Та доля веществ, которая не подлежит переработке, переходит в разряд безвозвратных потерь и вывозится на специальные полигоны (рис. 1) [4].

**Металлосодержащие порошковые и мелкокусковые отходы**

В настоящее время около 90 % образующихся в мире металлоотходов - это отходы черных металлов. На металлургических комбинатах и литейных производствах с замкнутым циклом (чугун – сталь – прокат) образуются твердые отходы двух видов: пыль и шлаки. Там, где применяется мокрая газоочистка, вместо пыли отходом служит шлам. Наиболее ценными для черной металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина), в то время как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности.

Рудники, из которых добывается железо, в настоящее время находятся на грани истощения. По этой причине деловые отношения с перерабатывающими отходы предприятиями выходят на новый



Рис. 1. Общая схема решения проблемы промышленных отходов



уровень. Вторичная переработка и применение отходов металла обходятся значительно выгоднее с экологической и экономической точки зрения [5].

Только в Беларуси на машиностроительных и металлургических предприятиях образуется и накапливается ежегодно большое количество оксидных железосодержащих отходов (до тыс. т в год) – окалины, шламов и металлургической пыли (аспирационной пыли от плавильных печей, дробелитейных установок, дробебетного и металлообрабатывающего оборудования и т. д.) [ ]. Из них утилизируется не более 15 % таких отходов и, по ориентировочным оценкам, их общее накопление в отвалах и на свалках на сегодняшний день составляет около 2–3 млн. т., так как в республике нет собственного полно профильного металлургического производства, имеющего агрегаты для их переработки.

Размещение территориальных объектов захоронения подобных отходов изымает из государственного пользования значительные территории, создает угрозу подземным водным горизонтам прилегающих территорий.

Очевидно, что экономически целесообразно в наших условиях машиностроительным и металлургическим предприятиям Беларуси, у которых образуются сравнительно небольшие (по меркам металлургии) отходы, заниматься переработкой самостоятельно, учитывая, что такие технологии созданы белорусскими учеными [9–15]. Состав и структура отходов на каждом предприятии различны и технологии для восстановления и переработки требуют только адаптации к конкретным сплавам и существующей технологии их плавки.

Сокращение нерационального перерасхода металла, вызванного отсутствием уверенности в высоком его качестве, а также сокращение расхода металла при создании экономнолегированных технических сплавов, обеспечивается, прежде всего, широким и повсеместным внедрением процессов микролегирования и модифицирования [17–21]. Такие сплавы, в том числе и чугуны, содержат, помимо специально вводимых присадок, более десяти контролируемых и неконтролируемых примесей. Регулирование микро- и макросостава металла обеспечивает прежде всего уменьшение (или вообще ликвидацию) сегрегации примесей, повышение прочностных характеристик и пластических свойств и дает возможность снизить расход металла.

Значительные резервы повышения качества металла заложены в возможности активного и целенаправленного формирования их структуры и

свойств путем введения в расплавы в предкристаллизационный период рационально выбранных модификаторов и микролегирующих добавок [17].

### **Отходы полимеров**

Сегодня изделия из полимеров можно встретить буквально на каждом шагу. Без большинства вещей, созданных с использованием данного рода материалов, современный человек уже просто не может представить своей жизни. Однако с ростом производства и потребления подобных изделий, растут и объемы твердых отходов. По некоторым подсчетам отходы полимеров составляют около % от всего мусора, поступающего на свалки. Но число это растет с каждым годом. А к самостоятельному и быстрому разложению такие отходы не способны. Поэтому в наши дни довольно остро встает задача вторичной переработки полимеров.

Для превращения отходов полимеров в сырье, которое можно в дальнейшем использовать для последующей переработки в какие-либо изделия, нужно сначала его обработать. Ну а то, какой способ следует выбрать, зависит в первую очередь от вида отходов, степени их загрязненности и источника происхождения. К примеру, если это однородные отходы, поступившие сразу с производства, то достаточно самой незначительной обработки – измельчения и грануляции.

Что же касается отходов, поступающих на перерабатывающие заводы в виде изделий, которые давно вышли из употребления, то их придется подвергнуть более тщательной подготовке.

Вообще же предварительная обработка полимеров, как правило, предполагает такие этапы, как грубая сортировка; измельчение; разделение смешанных отходов; мойка и очищение; сушка; грануляция.

Новейшие достижения белорусских ученых показывают [9–15], что полимерные отходы открывают новые неизвестные ранее перспективы при модифицировании и микролегировании железоуглеродистых сплавов, как самостоятельно, так и совместно с металлосодержащими техногенными отходами. Данные разработки прошли рецензирование и высоко оценены ведущими мировыми учеными [16, 22–26].

### **Создание литейных материалов из металлосодержащих и полимерных отходов и технологии их переработки**

Переработка и утилизация техногенных отходов важны не только с точки зрения их использования как альтернативного источника сырья, но и в плане охраны окружающей среды. В

Республике Беларусь практически отсутствует производство литейных материалов, таких, как передельные и литейные чугуны, лигатуры для получения качественных чугунов, ферросплавы.

На основе разработок Физико-технического института НАН Беларуси и Белорусского государственного технологического университета комплексное решение проблемы (рис. 2) предполагает использование и переработку промышленных отходов и полупродуктов смежных с машиностроением производств на всех стадиях металлургического передела [12–13, 16] при:

- плавке в составе пакетированных шихтовых материалов (рис. 3) металлосодержащих промышленных отходов, находящихся преимущественно в виде оксидов: окалины, ржавчины, шлифовочных шламов, чугунной и стальной стружки, в том числе с органическим загрязнителем, отходов футеровочных материалов, отработанных катализаторов химической, нефтехимической, промышленности по производству минеральных удобрений, в которых наряду с носителями типа  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$  присутствуют оксиды никеля, молибдена, кобальта, меди, хрома и вольфрама; полупродуктов смежных с машиностроением производств (оксидов титана, ванадия и других элементов, используемые в качестве сырья в стекольной промышленности); и неподлежащих регенерации обычными методами высокополимерных соединений (не склонных к образованию кокса при термической деструкции

(полиолефинов, алифатических полиамидов), или склонных к образованию кокса (полифениленов, полиамидов, полибензимидазолов)), а также непригодных к регенерации эластомеров (силиконовых, акриловых резин, резины на основе этиленпропиленовых, хлоропреновых, полисульфидных каучуков, бутилкаучуков, полиуретанов), в том числе резинотехнических изделий, содержащих 15–35 % текстильных или металлических армирующих материалов, в которых углерод находится, как в химически связанном состоянии, так и в структурно свободном состоянии; восстановительная атмосфера образуется в процессе пиролиза полимерных техногенных отходов (пластмасс и эластомеров) в расплаве в процессе плавки пакетированных совместно с полимерами металлосодержащих материалов;

- доводке расплавов методами прямого, в том числе прямого поверхностного, легирования и модифицирования (рис. 4), обеспечиваемого за счет восстановления металлов атомарными водородом и углеродом, образующимися при гомолитическом разрыве связей в процессе пиролиза полимеров, вводимых в пакетированном состоянии совместно с металлосодержащими отходами, в расплаве, создающими восстановительную атмосферу и обеспечивающими модифицирование сопровождающееся химическим взаимодействием составляющих добавок с отдельными элементами кристаллизующегося вещества, в том числе готовыми центрами, формирующимися в расплаве;

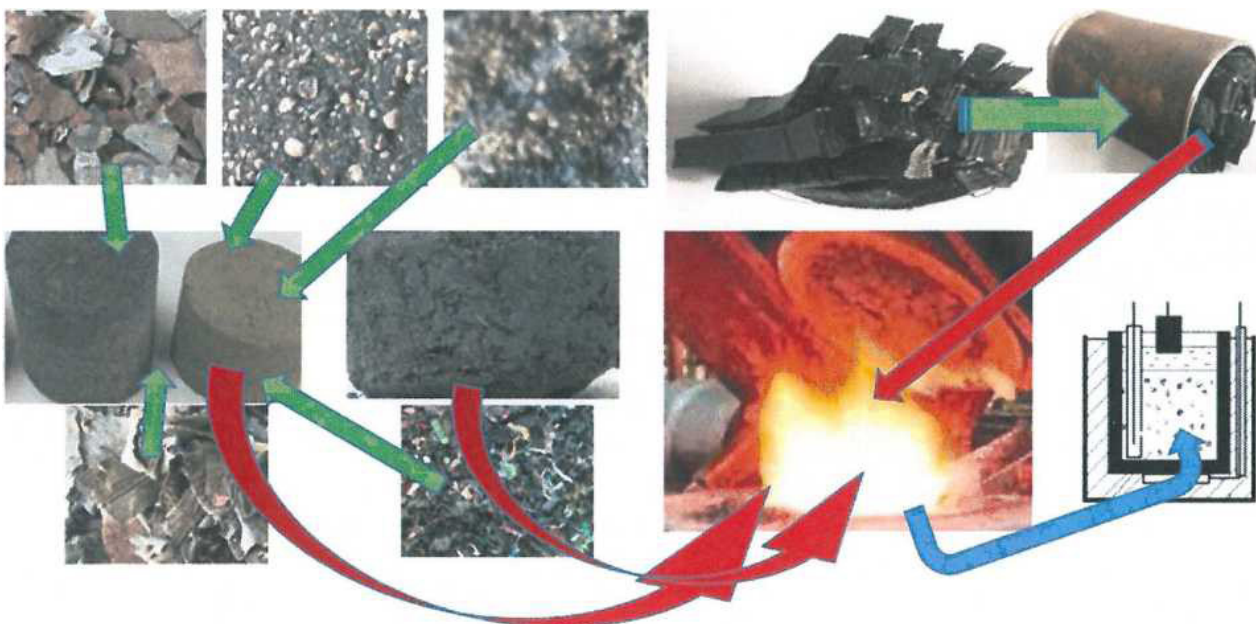


Рис. 2. Схема технологических приемов переработки металлосодержащих и полимерных техногенных отходов металлургическими методами



Рис. 3. Внешний вид пакетов

термической обработке изделий из черных металлов с применением в качестве охлаждающей среды нового продукта [15], являющегося водным раствором оптимальной концентрации нейтрализованного продукта щелочного гидролиза полиакрилонитрильного полимера, не приводящего к выделению дыма, копоти, масляных паров, продуктов окисления и термического разложения углеводородов.

Отличительной особенностью рассматриваемых технических решений является ориентация на использование промышленных отходов и полупродуктов смежных с машиностроением производств, обеспечивающих одновременно экономии материальных и энергетических ресурсов, снижение вредных выбросов и повышение качественных характеристик сплавов.

Созданные материалы и технологии позволяют эффективно извлекать металлы из нетрадиционных видов шихты.

**Ввод шихтовых пакетов из железосодержащих отходов (стальной окалины) и отходов аккумуляторных пластиков обеспечивает:**

- повышение механических характеристик чугуна; практически полное (92,68 %) восстановление железа из окалины; практически полное усвоение чугуном углерода из шихтовых пакетов (присутствует эффект науглероживания);

- введенная с окалиной сера, не усваивается чугуном и в полном объеме переходит в шлак;

- наблюдается угар хрома из чугуна (другими известными методами этот эффект не обеспечивается, что позволит получать высококачественные чугунные отливки на рядовой шихте);

- марганец и кремний участвуют в окислительно-восстановительных процессах и ввод их в составе пакетов из железосодержащих отходов и отходов аккумуляторных пластиков в расплав способствует восстановлению железа, десульфурации и дефосфорации чугуна и переводу хрома в шлак.

**При вводе в чугунный расплав на стадии доводки пакетов из техногенных отходов магнетита и полимеров** обеспечивается восстановление магния из оксидов продуктами пиролиза полимеров, который вступает во взаимодействие с элементами расплава, обеспечивая снижение концентрации серы в чугуне (с 0,107 % до 0,057 % при вводе 12 % магнетита и 4,3 % не подлежащего регенерации высокополимерного соединения); процесс сопровождается растворением глобуляризатора (магния до 0,14 %) в графите (способствующего увеличению сил связи между его слоями), наблюдается образование магнийсодержащих титанованадиевых карбидов (инокуляторов), формирующихся в расплаве при химическом взаимодействии модифицирующих и микролегирующих добавок с элементами кристаллизующегося вещества. Определено, что в случае использования в качестве полимерных добавок в составе модифицирующих пакетов техногенных отходов резинотехнических изделий основная масса структурно свободного угле-



Рис. 4. Вид отливки и формы с нанесенным покрытием



рода, находящегося в виде сажи, не участвует в массообменных процессах и переходит в шлак (содержание углерода в шлаке 39,81 %), что обеспечивает извлечение дополнительного продукта – технического углерода.

Создан метод химического пакетирования (без предварительного удаления смазочных масел и эмульсий) железосодержащих материалов (содержащий до 8,0 мас. % масла) с органическим загрязнителем, основанный на образовании основных солей типа  $(\text{MgOH})_3\text{PO}_4$  либо  $(\text{MgOHAIO}_2 + (\text{MgOH})_2\text{SiO}_3$  при совместном смешивании избыточных количеств глины (щелочная среда), недостатке магнетита в кислой среде, обеспечивающий окисление масел, образование более плотной фосфатной пленки (фосфатирование), чем исходные оксиды, что способствует адгезии и прочности образованной структуры. В соответствии с заводскими требованиями пакеты испытывались на прочность путем удара их о металлическую плиту с высоты 1,5 м. Пакеты выдерживали 2–3 удара без разрушения. Результаты проведенных исследований показали, что предложенные методы пакетирования обеспечивают получение качественных пакетов с достаточной механической прочностью.

При вводе в расплав чугуна до 30 % пакетированной замавленной стружки с полимерными добавками увеличивается количество перлитной составляющей в металлической основе отливок из чугуна и его дисперсность, образуется значительное количество мелкодисперсных упрочняющих фаз в структуре металла, достигается рост прочностных характеристик с  $\sigma_{\text{в}}$  118,0 МПа (исходный чугун) до  $\sigma_{\text{в}}$  133,0 МПа (шихта с 30 % пакетов).

Разработан механизм формирования износостойких поверхностных слоев на отливках из железоуглеродистых сплавов, заключающийся в покрытии поверхности форм и стержней специальными композициями, включающими недорогие металлосодержащие промышленные отходы, полимерные материалы, генерирующие в процессе заливки при их пиролизе сверхсильные восстановители (атомарный водород и углерод), и связующие компоненты (жидкое стекло). Синергетический эффект на межфазной границе расплав – легирующее покрытие (при соотношении оксида ванадия и восстановителя в композиции примерно 1:1 по объему) способствует образованию на чугунных отливках ванадиевых легирующих слоев толщиной до 3 мм с присутствием в них эвтектических колоний – аустенит

и железованадиевые карбиды; аустенитная матрица легирующих слоев упрочнена отдельными хромсодержащими карбидами цементитного типа (присутствует небольшое количество отдельных компактных включений графита); в поверхностном легированном слое наблюдается полное отсутствие, как растворенного, так и химически связанного кислорода (указывает не только на полное восстановление металлов, но и высокую степень рафинирования и дегазации расплава).

Разработан импортозамещающий экологически безопасный способ термической обработки изделий из черных металлов (патент Республики Беларусь на изобретение № 11233 от 22.07.2008 г.), когда в качестве охлаждающих сред используются водные растворы полимеров (полиакриламидов, полиакрилатов). Определены режимы термической обработки углеродистых и легированных сталей в разработанной среде, созданы ресурсосберегающие технологические процессы термической обработки деталей машин

Улучшаются экологические условия в термических цехах, снимается проблема утилизации отходов охлаждающей среды, обеспечивается охлаждение деталей при закалке с требуемой по технологии скоростью и достигаются требуемые структура и твердость.

Охлаждающая среда (закалин) с концентрацией полимера –3,0 % в воде полностью соответствует условиям закалки деталей из легированных сталей в масле. Стоимость 1 кг закалина около 4 белорусских рублей. Соответственно, если стоимость на рынке Республики Беларусь 1 тонны индустриального масла составляет около 1000 руб., то стоимость такого же объема рабочего состава водно-акриловой охлаждающей среды около 132 руб., т. к. для приготовления 1 тонны раствора требуется 33 кг закалина (стоимость рабочего состава с учетом его корректировки в процессе эксплуатации может возрасти до 150,0 руб.).

#### Сравнение с импортными аналогами

РУП «МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД» в 2010 г. закупал водополимерную закалочную среду ПК-М ТГ 71218688-01-03 у изготовителя ЗАО «Полимер-Тюмень (г. Тюмень, Россия) по цене 81 российский рубль за 1 кг. По инструкции для замены масла требуется 9-ый раствор. Таким образом, стоимость 1 тонны закалочной среды составит 81 руб.  $\times$  90 кг = 7290 российских рублей, что в пересчете на белорусский рубль составит: 7290  $\times$  0,035 = 255,15 белорусских рублей

(с учетом корректировки состава в процессе эксплуатации может возрасти до 350 белорусских руб.). Экономия только на 1 т закалочной среды составляет в пересчете на белорусские рубли в ценах 2018 г. 400 руб. Таким образом, экономия валютных средств (в ценах 2018 г.) составляет 14580 российских рублей (только на 1 т среды).

Показано, что закалку тонкостенных и разностенных деталей с целью интенсификации процесса отвода тепла от них и получения требуемых структур механических характеристик целесообразно проводить в режиме интенсивного барботажа охлаждающей среды. Барботирование может осуществляться как за счет ввода в систему сжатого воздуха (от компрессора), так и самой закалочной средой (от насоса). Поэтому основными параметрами, обеспечивающими как движение закаливаемых деталей, так и обеспечение барботажа, будут являться рабочее давление и расход воздуха (закалочной среды). Приведены расчеты гидродинамических параметров среды, позволяющие осуществлять закалку тонкостенных деталей с интенсивным отводом тепла от них. Разработаны конструкции закалочных корзин, обеспечивающие барботаж охлаждающей среды, всплывание тонкостенных стальных деталей и равномерное охлаждение полых деталей. Приведены результаты исследований термической обработки углеродистых сталей в режиме интенсивного барботажа охлаждающей среды на основе водорастворимого полимера.

Предложены и исследованы перспективные методы (отнесем их к технологиям недалекого будущего) регулирования состава сплава при незначительных расходах шлакообразующих добавок [27]. Воздействие различных факторов (атмосфера плавильного аппарата, состав шлака, наличие вредных примесей и др.) приводит к тому, что в реальных металлургических процессах невозможно полностью достичь прогнозируемого равновесия. Одновременно не всегда удается точно оценить вклад того или иного компонента в общий окислительно-восстановительный процесс в системе металл – шлак – газ (М – Ш – Г). Помимо главной движущей причины металлургического процесса – градиента концентраций, на границе металл–шлак возникают короткозамкнутые микрогальванические элементы, которые также определяют состав получаемого сплава. Однако влияние последнего фактора незначительно вследствие малой электродвижущей силы на границе М – Ш.

Проведена оценка процессов поляризации в

системе металл – шлак в гальваностатических условиях с учетом известных закономерностей перехода зарядов через границу фаз и современных представлений об их многостадийности и поведение компонентов алюминиевых сплавов при внешнем катодном и анодном воздействии на расплав постоянным электрическим полем. Характер перераспределения компонентов между расплавом и шлаком в первом приближении связан с их расположением в электрохимическом ряду напряжений. На положение металла в ряду напряжений влияет ионный состав расплава и температура. При катодной поляризации наблюдается значительное снижение угара Mg в процессе выдержки расплава, в то время как при анодной происходит, наоборот, увеличение угара в сравнении с плавкой без внешнего электрохимического воздействия. Магний как активный металл будет в первую очередь окисляться при анодной обработке. Также следует отметить, что, меняя полярность расплава, можно лишь уменьшить угар магния Mg, но нельзя полностью его исключить при увеличении продолжительности обработки. Поведение марганца Mn при изменении полярности алюминиевого расплава, в первом приближении, аналогично поведению магния Mg. Однако можно заметить, что при катодной полярности марганец Mn можно защитить от угара и при увеличении длительности обработки. Угар цинка Zn как при анодной, так при катодной поляризации меньший, чем при отсутствии электрохимического воздействия. При анодной полярности расплава содержание железа Fe и никеля Ni не уменьшается по сравнению с плавкой без электрохимического воздействия, что объясняется пассивацией. Наибольший защитный эффект наблюдается для элементов, которые стоят в конце электрохимического ряда напряжений. Так, медь, как при катодной, так и особенно при анодной полярности меньше всего угорает.

#### Заключение

Признание ведущего места науки в составе факторов роста объективно приводит к акцентированию их внимания на проблемном поле поиска так называемых пионерных разработок, реализация которых позволит принципиально изменить исследовательский фронт и облик современной науки, сформировать новые векторы ее развития. Характерными чертами эффективности развития и инновационности должны одновременно выступать сразу несколько критериев, в том числе снижение издержек на единицу производимой продукции. Сложная ситуация на рынке метал-

лошихты побудила коммерческие и технические службы предприятий, использующих при получении литейных сплавов лом, заняться поиском альтернативных материалов и технологий.

Новые материалы и технологии, созданные на основе прорывных научных разработок Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси и Белорусского государственного технологического университета, позволяют эффективно извлекать металлы из нетрадиционных видов шихты (пыли железосодержащей, шлама ваграночных газов, шлама железосодержащего, окалины, ржавчины, шлифовочных шламов, чугуновой и стальной стружки, отходов футеровочных материалов, отработанных катализаторов химической и нефтехимической, промышленно-

сти) при применении нового класса восстановителей (атомарных углерода и водорода).

Разработаны шихтовые и литейные материалы из тонкодисперсных металлосодержащих концентратов, в том числе с органическими загрязнителями, и полимерных отходов для легирования и модифицирования железоуглеродистых сплавов, поверхностного легирования отливок в форме (патенты Республики Беларусь №№ 11641, 14183). Предложены методы интенсификации окислительно-восстановительных процессов в системе металл–шлак или металл–шлак–газ и регулирования состава сплава при воздействии слабыми электрическими полями при незначительных расходах шлакообразующих добавок (патент Республики Беларусь № 15409).

### Литература

1. Емельянович, И. Инновационная Россия: среда, дружественная для инноваций. Наука и инновации. – № 8(114), 2012. – С. 30–33.
2. Чернышева, Т. Предвидеть – значит управлять. Наука и инновации. – №7(113), 2012. – С. 54–57.
3. Ульрих Карл. Промышленный дизайн: создание и производство продукта. – М., 2007.
4. <http://vtorothodi.m/wp-content/uploads/2015/08/85-4.jpg>
5. Утилизация и переработка отходов © vtorothodi.ru.
6. Гацуро В. М. С научным подходом к проблеме переработки железосодержащих отходов // Литье и металлургия. 2010. № 4. С. 41.
7. Марукович, Е. Знания, отлитые в металле. Наука и инновации. – № 7(113), 2012. – С. 40–43.
8. Гарост А.И., Свидуневич Н.А., Дулевич А.Ф. Моделирование процесса обработки расплава высокотемпературной газовой струей. Сб.: Основные направления научно-исследовательских работ по аппаратурному оформлению электротермических и высокотемпературных процессов химических производств в X пятилетке (Тезисы докладов Всесоюзного совещания). – Ленинград, 1975. – С. 178–181.
9. Ласковнѳв, А. П. Многофункциональные (износостойкие и антифрикционные) покрытия на изделиях из чугуна / А. П. Ласковнѳв, А. И. Гарост, А. И. Покровский // Литье и металлургия. – 2015. – № 2. – С. 89–94.
10. Ласковнѳв, А. П. Создание литейных материалов из техногенных отходов / А. П. Ласковнѳв, А. И. Гарост // Весці Нацыянальнай Акадэміі Беларусь Сер. фізіка-тэхнічных навук. – 2015. – № 3. – С. 88–95.
11. Ласковнѳв, А. П. Использование железосодержащих материалов с органическими загрязнителями в качестве шихты при выплавке серых чугунов / А. П. Ласковнѳв, А. И. Гарост // Весці Нацыянальнай Акадэміі Беларусь Сер. фізіка-тэхнічных навук. – 2016. – № 1. – С. 62–74.
12. Гарост, А.И. Железоуглеродистые сплавы: структурообразование и свойства. Монография / А.И. Гарост. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 252 с.
13. Способ выплавки чугуна и способ выплавки стали: пат. 11641 Респ. Беларусь: МПК(2006) С 21 С 1/00, С 21 С 5/00, F 23 G 5/027 / А.И. Гарост; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» (ВУ) – № а20050280; заявл. 24.03.2005; опубл. 28.02.2009 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр штэлект. уласнасць. – 2009. – № 2.
14. Способ выплавки чугуна: пат. 14183 Респ. Беларусь: МПК(2009) С 21 С 1/00 / А.И. Гарост; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет» (ВУ) – № а20091272; заявл. 31.08.2009; опубл. 30.04.2011 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці – 2011. – № 4.
15. Способ термической обработки изделий из черных металлов : пат. 11233 Респ. Беларусь : МПК7 С 21 D 1/56 / А. И. Гарост, Е. П. Шишаков, А. К. Корнейчик; заявители: Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»; Производственно-торговое частное унитарное предприятие «Акута-ИФ» (ВУ) – № а20070625; заявл. 24.05.2007; опубл. 30.10.2008 // Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлект. Уласнасці. – 2008. – № 10.
16. Haraŝt Aliaxandr Ivanavich. Chemical Baling of Oily Caŝt Iron Turnings and Use of Bales to Subŝtute Expensive



- and Scarce Scrapes. *International Journal of Materials Science and Applications*. Vol. 2, No. 6, 2013, pp. 194–203. doi: 10.11648/j.ijmsa.20130206.15.
17. Гольдштейн, Я. Е. Модифицирование и микролегирование чугуна и стали / Я. Е. Гольдштейн, В. Г. Мизин. – М. : Metallurgia, 1986. – 272 с.
  18. Шульте, Ю. А. Неметаллические включения в электростали / Ю. А. Шульте. – М. : Metallurgia, 1964. – 208 с.
  19. Крещановский, Н. С. Модифицирование стали / Н. С. Крещановский, М. Ф. Сидоренко. – М. : Metallurgia, 1970. – 296 с.
  20. Гольдштейн, М. И. Дисперсионное упрочнение стали / М. И. Гольдштейн, В. М. Фарбер. – М. : Metallurgia, 1979. – 206 с.
  21. Крещановский, Н. С., Сидоренко, М. Ф. Модифицирование стали / Н. С. Крещановский, М. Ф. Сидоренко. – М. : Metallurgia, 1970. – 296 с.
  22. Haras̆t, A. I. Modification and Microalloying of Iron Carbon Alloys Using Industrial Polymer Scrapes / A. I. Haras̆t // *Journal of Current Advances in Materials Sciences Research (CAMSR)*. – 2014. – Vol. 1, Issue 3. – PP. 66–74. [www.vkingpub.com/journal/camsr/](http://www.vkingpub.com/journal/camsr/) © American V-King Scientific Publishing.
  23. Haras̆t, A. I. The Casting Technologies Focused on the Use of Industrial Waste and Semiprocessed Products Related to Engineering Industries / A. I. Haras̆t // *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, ISSN: 3159–0040. – 2015. – Vol. 2 Issue 5. – PP. 914–918.
  24. Haras̆t, A. I. Formation Mechanism Of Wear Resisting Surface Layer On Cast Iron Moulds By Direct Surface Alloying / A. I. Haras̆t // *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, ISSN: 3159-0040. -2015. – Vol. 2 Issue 9. – PP. 2591–2598.
  25. Haras̆t, A. I. Improving Quality of Alloys and Saving Alloying and Refining Additives While the External Cathode and Anode Are Exposed to the Melt in Constant Electric Field / A. I. Haras̆t // *Advances in Materials*. Vol. 5, No. 2016, PP. 66–72. doi: 10.11648/j.am.20160506.12
  26. Haras̆t, A. I. Extracting metals from non-traditional types of charge when implementing breakthrough foundry and metallurgy technologies / A. I. Haras̆t // *Home / SciencePG Frontiers. From Colloid and Surface Science*. Mar. 6, 2017. <http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648/j.am.20160506.12.html>.
  27. Ласковнѐв, А. П. Использование внешних электрических полей при доводке расплавов в плавильных агрегатах. А. П. Ласковнѐв, А. И. Гарост, Е. В. Кривоносова // *Литье и металлургия*. – 2017. – № 1. – С. 7–17.

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*П.Е. ВАЙТЕХОВИЧ*

*Белорусский государственный технологический университет*

*Л.А. СИВАЧЕНКО*

*Белорусско-Российский университет*

Развивающаяся экономика, к которой можно отнести нашу, нуждается в высококвалифицированных инженерных кадрах. Практически всё, что окружает нас, является результатом интеллектуальной деятельности инженеров. И это соответствует статусу инженера в обществе. Мы просто забыли, что инженер с латинского языка переводится как изобретатель. Таким образом, выдавая после окончания высшего технического учебного заведения дипломы инженеров, формально университеты пополняют ряды изобретателей, и довольно существенно.

А теперь посмотрим, что происходит на самом деле. Если говорить о проблеме в общем, то можно отметить, что потребность в квалифицированных инженерных кадрах довольно высока. Но в большинстве своём теперешние выпускники университетов не соответствуют этим требованиям. И это не голословное заявление, поскольку мы, проработавшие в системе высшего образования по несколько десятков лет, знаем ситуацию как изнутри, так и извне. Нам часто приходится бывать на предприятиях и видеть все их кадровые проблемы. Они заключаются в слабой подготовке молодых специалистов, их нежелании совершенствоваться, а зачастую и просто работать на предприятии. Время пребывания многих выпускников ограничивается обязательным сроком отработки по распределению

Естественно, что возникает вопрос о причине сложившейся ситуации. Простого и однозначного ответа на него нет. Но всё-таки какие-то проблемные моменты можно рассмотреть.

Во-первых, высшее образование стало, практически всеобщим. Около 95 % выпускников школ через разные формы обучения его получают. Поэтому по советским меркам тихие троечники

после средней школы приходят в университеты. К сожалению, большинство из них оказывается в технических учебных заведениях. Именно здесь самый низкий конкурс, обусловленный потерей престижности инженерных профессий. Это люди просто не обучаемые, даже по меркам средней школы, не говоря уже о высшем образовании. В те прошлые времена они даже не помышляли о поступлении в институты, а сейчас, особенно заплатив за обучение, могут спокойно получить диплом о высшем образовании. Вы думаете, что в результате этого сильно повысился их интеллектуальный уровень? Совершенно нет. Любой средний по уровню выпускник советских времён может превзойти по знаниям и умениям сегодняшнего. Кроме того, за пять лет пребывания в стенах университета люди со слабыми природными данными и базовой школьной подготовкой получают серьёзную психологическую травму, которая будет помехой в их последующей жизни. Ведь каждый раз при любой форме контроля даже самый лояльный преподаватель вынужден подтверждать их несостоятельность в виде низкой оценки. Возможно, из таких людей могли бы получиться высокие профессионалы в других направлениях деятельности, но большинство из них, получив диплом о высшем образовании, никогда не вернутся на рабочие профессии. Они, скорее всего, пополнят ряды сотрудников, плодящих и передающих многочисленные и не всегда нужные письма, документы и просто бумаги.

Второй проблемой высшего образования, в том числе и технического, стало снижение уровня требований к оценке знаний студентов. Слабая школьная подготовка не даёт им возможность освоить программы университетских дисциплин. По-хорошему это нормальное явление. Высшее

образование потому и называется таковым, что оно элитарное, получить его могут только наиболее способные и подготовленные люди. В рамках всеобщего высшего образования преподаватели вынуждены подстраиваться под низкий уровень студентов, тем более что это поощряется и приветствуется руководством университетов. Некоторые вынуждены это делать, переступая через себя, нарушая свои моральные принципы. И действительно, по меркам производства, нас вынуждают выпускать брак. Конечно, можно понять и администрацию. Она борется за сохранение контингента, а, соответственно, и преподавательского коллектива. Правда, другая группа преподавателей, особенно молодого поколения, спокойно относится к снижению уровня подготовки студентов и идет следом за ними по пути упрощения программ дисциплин, снижения уровня требовательности. Кое-кто из них такую линию поведения оправдывает интересным лозунгом. Они говорят, что мы не учим студентов, а оказываем образовательные услуги. Но, если так, то не мы им должны ставить оценки, а они нам. А в принципе зачем готовиться к занятиям, повышать свой профессиональный уровень, если студенты всё равно ничего не спрашивают, не задают каверзных вопросов? В результате получается, что мы делаем вид, что учим, а они, что учатся. Такая ситуация чревата тем, что неизбежно наступает деградация преподавательского состава и вернуть их в нормальное русло будет очень тяжело. Более того, перестаёт работать та прослойка студентов, которая могла бы учиться на «удовлетворительно» и даже «хорошо» и из которых получились бы специалисты среднего уровня, востребованные на производстве. У них один вопрос: А зачем? Всё равно поставят государственную оценку. Но самое печальное в том, что преподавателям не остаётся времени на работу с талантливыми студентами, которые, несмотря на все проблемы, есть среди общей серой массы. Их надо довести до какого-то более-менее приличного уровня.

Мы совершенно не хотим останавливаться только на негативных моментах технического образования. Как активные изобретатели мы руководствуемся их основным принципом: сначала критика существующего объекта, а затем новые предложения. Если говорить коротко, то надо ответить на вопрос: «Что делать?»

Самое главное, с чего надо начинать – это привести весь процесс образования, начиная с начального и заканчивая высшим, в систему.

Бывшая советская система разрушена почти до основания. Более того, восстанавливать её надо на других принципах с учётом реалий сегодняшнего дня и рыночной экономики в первую очередь. Мы не собираемся затрагивать вопросы среднего школьного образования, а остановимся только на профессиональном. С этой точки зрения, на наш взгляд, следует восстановить систему профессионально-технического и средне-технического образования. С таким образованием можно полностью закрыть потребность в высоко профессиональных рабочих кадрах и даже руководителях низшего звена, например, на уровне цехового персонала. Большой роскошью для государства является подготовка рабочих, мастеров в университетах, затрачивая при этом более десятка тысяч долларов на каждого. Университет и вся система высшего образования предназначены для подготовки специалистов высшей квалификации: настоящих инженеров, учёных, преподавателей, руководителей высшего звена. Системный подход должен заключаться в том, чтобы обеспечить переход лучших, наиболее способных и подготовленных из сферы всех форм среднего образования в высшее.

Отрадно отметить, что какие-то шаги в этом направлении государственными структурами уже делаются.

В определённой мере системный подход в самом высшем образовании реализован в двух- или даже трёхступенчатой форме с присвоением званий бакалавр, магистр, доктор. Переход на каждую следующую стадию сопровождается отбором лучших, сильнейших с углублением их подготовки. Мы, одни из немногих, кто пока не перешёл на эту систему, хотя могли это сделать более двадцати лет назад. Все европейские страны, Китай и даже Россия сделали это и успешно развивают как систему образования, так и экономику в целом.

Конечно, переход на систему бакалавр-магистр предполагает серьёзные изменения в учебных планах, методике преподавания. На первой ступени при подготовке бакалавров по техническим специальностям срок обучения сократится с пяти до четырёх лет. Многих это пугает. Приводится аргумент о сокращении программ основных дисциплин, их упрощении и в результате снижении уровня подготовки специалистов.

Один из авторов данной статьи более двадцати лет активно занимался разработкой образовательных стандартов, учебных планов и программ. Поэтому мы можем с уверенностью ска-



зять, что при объективном и вдумчивом подходе к составлению учебных планов с четырёх летним сроком обучения никаких потерь не будет. Подтверждение этому получено нами при разработке переходного варианта учебного плана с указанным сроком обучения. При этом придётся исключить дублирование материала в смежных дисциплинах, а от некоторых из них вообще отказаться. Да, общее число часов по каждой дисциплине уменьшится. Но это уменьшение может быть достигнуто в основном за счёт сокращения лекционных часов. Пора закачивать читать лекции под диктовку. При наличии электронных текстов лекций, современной компьютерной и мультимедийной техники – это просто архаизм. Интересен подход к организации и проведению лабораторных занятий в зарубежных университетах, например, Масачусетском технологическом институте. Там лабораторные работы не рассылаются по отдельным дисциплинам, а собраны в 2–3 лабораторных практикумах объёмом по 200 часов каждый. Такой подход даёт возможность сократить время на подготовку и затраты на материальную базу учебного заведения. Конечно, потерю нагрузки преподавателями необходимо компенсировать за счёт учёта времени на подготовку индивидуальных заданий для студентов, их проверку.

Ещё одной важной отличительной особенностью двухступенчатой системы образования является отказ от узких специализаций. И это правильное и своевременное решение, подтверждённое и проверенное опытом других стран. Оно базируется на том, что обучить студента всем тонкостям узкой специализации в стенах университета невозможно. С другой стороны человек, имеющий хорошую общинженерную подготовку, легко сам разберётся с этим в условиях производства. И самое главное, что в рыночных условиях для специалиста с широким кругозором и основательной базовой подготовкой расширяются возможности по трудоустройству.

Естественно, что исключение из образовательного процесса специализаций приведёт далее к укрупнению специальностей и, возможно, объединению университетов, как произошло в России. И это также положительный момент, поскольку можно будет набрать комплектные группы и организовать полноценную подготовку в магистратуре, сконцентрировать и усилить научный потенциал университетов.

Никакие структурные преобразования не смогут привести высшее образование в стройную

систему без изменения методики преподавания и, особенно, формы контроля знаний. Мы можем разработать самый замечательный учебный план, насыщенный современными дисциплинами, оптимизировать их программы, но без продуманной жёсткой системы контроля знаний студентов уровень подготовки большинства из них не повысится. К сожалению, обучение основной массы людей сопровождается принуждением.

В связи с этим в плане изменения методики преподавания можно принять китайский вариант, когда основная часть аудиторных занятий проходит в виде практических. По имеющемуся у студентов тексту лекций преподаватель поясняет теоретический материал, а затем решаются задачи. Большое количество разноуровневых задач выдётся в качестве домашнего задания. Коренным образом отличается от нашей система контроля знаний студентов. Во-первых, она включает 2–3 промежуточных контрольных мероприятия и экзамен, оценка по которым суммируется. Это заставляет студентов работать не только перед сессией и во время неё, но и регулярно на протяжении всего семестра. Во-вторых, мероприятия по определению уровня знаний студентов проводятся исключительно в письменной форме при жёстком контроле, исключающим списывание. В-третьих, самое существенное отличие имеет наполнение билетов для всех форм контроля. В них не включаются теоретические вопросы из текста лекций, требующие простого запоминания (списывания) чужих мыслей, умозаключений, выводов. Билеты содержат проблемные вопросы, задачи, требующие осмысления, анализа, естественно с использованием теоретического материала. Такая постановка экзаменационных вопросов исключает переписывание домашних заданий, покупку их за денежное вознаграждение. Студент сможет сдать экзамен только тогда, когда он сам хорошо освоит теоретический материал и научится решать подобные задачи.

На первый взгляд кажется, что при такой системе контроля наши студенты вообще никогда не сдадут экзамен. Это не совсем так. Мы просто не ставили их в подобные условия. Работающий регулярно человек, желающий получить образование, может преодолеть всё. А вот у студентов заочной формы будут проблемы, и основная масса их не выдержит такой формы контроля.

В связи с этим мы логически подошли к предложению о ликвидации заочной формы обучения как таковой. Современные студенты-заочники учатся только во время сессии. При полной форме

обучения их всего одиннадцать, продолжительностью один месяц каждая. Следует отметить, что при сокращённой форме он ещё меньший. И вот за этот промежуток времени, который не дотягивает даже до трёх семестров дневной формы мы выдаём им абсолютно такой же диплом. Второй арифметический пример. Во время указанных сессий студенты-заочники в лучшем случае осваивают четверть программы стационара. Средний балл по отдельным дисциплинам у них составляет 4–5. Поэтому средний уровень знаний студентов-заочников не превышает 1,25 по десяти бальной шкале. И что это за специалисты? И почему врачей, которые отвечают в конкретное время и в конкретном месте за жизнь одного человека, учить заочно нельзя, а инженера, который обслуживает технологические установки с давлением в сотни атмосфер и температурой тысяча градусов, и подвергает опасности десятки и сотни человек, можно? Сами студенты-заочники, особенно после контакта с зарубежными специалистами, понимают, что это не образование. Оно выполнило свои функции во время индустриализации страны при большой нехватке кадров. Сейчас такой острой проблемы нет, скорее наоборот, наблюдается их переизбыток. Конечно, самым способным

надо обеспечить возможность получить образование без отрыва от основной работы по дистанционной форме обучения. Современные средства коммуникации позволяют это сделать. Но после подготовки учащийся должен явиться в учебное заведение и сдать экзамен в полном объёме вместе со студентами дневной формы без всяких послаблений.

Все понимают, что отказ от заочного обучения существенно ударит по финансовому состоянию высших учебных заведений. Эти потери можно компенсировать также используя китайский опыт. На первой стадии при подготовке бакалавров у них для всех образование платное, все в равных условиях. Правда, сумма оплаты за год не превышает 500 долларов. А вот в магистратуре лучшие учатся за счёт бюджетных средств, а остальные платно.

Проблемы, затронутые в данной статье, волнуют многих неравнодушных преподавателей университетов. Мы понимаем, что надо принимать срочные меры по реформированию системы образования. Однако делать это надо взвешенно, продумано с учётом мирового опыта. И не надо искать свой путь. Всё равно вернёмся на проторённый другими, только с большим опозданием.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И ВНЕДРЕНИЕ ИХ НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ТМ. ВЕЛТЕК»

*Лавров А.С., Упырь В.Н., Тимошенко В.В.  
Чепиль В.В. ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», Киев, Украина*

На сегодняшний день практически все предприятия и фирмы Украины несут большие финансовые потери в связи со снижением объема продаж, как на внутреннем рынке, так и на рынках СНГ.

Основной причиной является новая экономическая политика нашего государства. В связи с этим для обеспечения выживаемости предприятия руководством нашей фирмы проводится постепенное переоснащение производства, направленное на внедрение передовых технологий в сварочном производстве и установку нового, современного и высокоэффективного оборудования. Переоснащение предприятия даст возможность изготавливать высококачественную сварочную продукцию, отвечающую всем требованиям, как в странах ЕС, так и в других странах.

На сегодняшний день для выпуска конкурентоспособной и качественной порошковой проволоки необходимо:

- использование качественных (химически чистых) материалов, сырья, ленты;
- наличие сертифицированных лабораторий для проведения входного контроля материалов и ленты, сварочно-технологических испытаний;
- постоянная разработка новых составов по требованиям заказчика;
- применение современного высокопроизводительного волочильного, намоточного, упаковочного оборудования;
- подбор квалифицированного персонала, постоянное обучение персонала;
- функционирование на предприятии СМК, отвечающей ИСО 9001:2008;
- внедрение последних достижений НТП в технологии производства.

На сегодняшний день наша фирма устанавливает

новое волочильное оборудование, которое является на сегодняшний день передовым в области технологии изготовления сварочных проволок. Установка новых волочильных станков позволяет получить значительные преимущества, так как процесс волочения (обработка металла давлением – протяжка через волокни) заменяется на процесс прокатки. Это обеспечивает повышение скорости волочения, снижение нагрузок, повышение качества за счет нанесения минимального количества смазки на поверхность порошковой проволоки. Производительность возрастает в 1,5–2 раза до 1,5–3,0 п/п в смену.

На сегодняшний день с целью повышения качества намотки п/п, повышению производительности и упаковки готовой продукции закуплено высокопроизводительное оборудование для рядной намотки и упаковки в бочки.

Наша фирма постоянно занимается исследованиями и испытанием и подбором волочильных смазок для изготовления порошковых проволок. Согласно проведенным нашей фирмой исследованиям проволок различных производителей остаточное содержание волочильной смазки находится в пределах от 0,100 кг/т до 0,900 кг/т на порошковых проволоках и от 0,050 кг/т до 0,600 кг/т на проволоках сплошного сечения.

За последние годы удалось добиться хороших результатов по низкому содержанию остаточной смазки на порошковой проволоке до 0,16 кг/т, что улучшает процесс сварки и наплавки.

На сегодняшний день наша фирма ежегодно проходит аудиторские проверки, как системы качества, так и сертификацию отдельных марок проволок такими организациями, как Lloyd's Register, УкрСЕПРО 2017, TÜV RHEINLAND, Российский морской регистр судоходства.



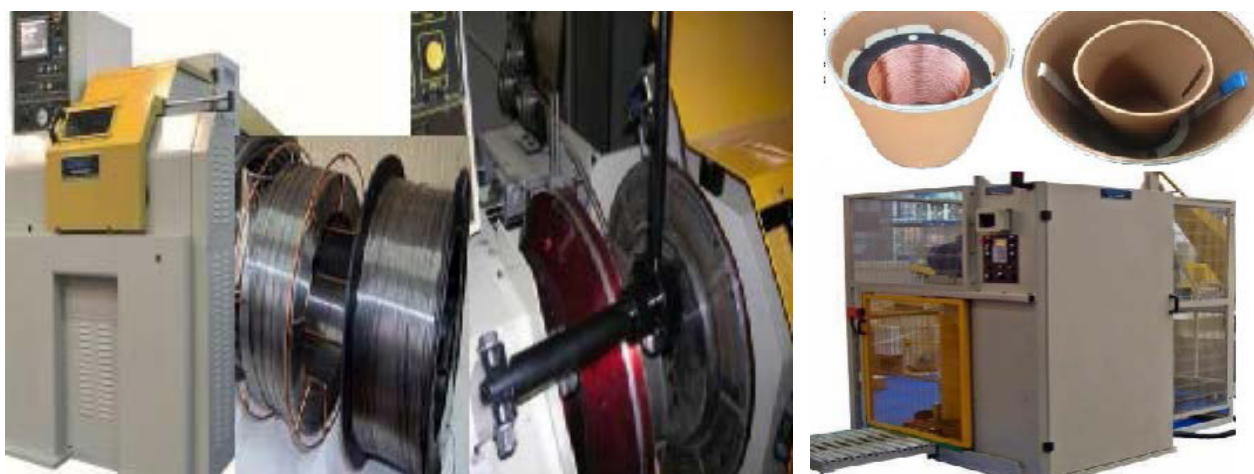


Рис. 1.– Установка намотки на катушки и упаковщик в бочки.  
Производительность 1,0–2,5 т в смену



Рис. 2. Процессный подход к деятельности организации

Переход СК на версию ISO 9001:2015, которая содержит целый ряд существенных изменений, которые переводят этот стандарт на новый уровень в сравнении с версией ИСО 9001:2008. Основная цель изменений стандарта заключается в необходимости сосредоточиться на управлении

процессами.

Выводы. На сегодняшний день внедрение достижений НТП есть единственным путем развития нашего предприятия и обеспечения экономического роста и конкурентоспособности предприятия в дальнейшем.