

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 3 (48)
июль – сентябрь
2010

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

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Главный редактор академик С.А. Астапчик

Редакционная коллегия: М.С. Высоцкий, М.А. Андреев, В.Н. Дашков, А.М. Захарик, А.Б. Зуев, В.Л. Колпашиков, Л.Н. Крупец, Д.И. Корольков, Г.С. Лягушев, Е.И. Медвецкий, М.Г. Мелешко, С.А. Чижик

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодинская, 4)

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 20.09.2010.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 3,9.

Тираж 250 экз. Заказ № 230.

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-техническом институте НАН Беларуси».

Лицензия ЛП № 02330/0494176 от 3.04.2009 г.

220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

СОДЕРЖАНИЕ

Юбилей

Формула успеха академика Станислава Александровича Астапчика. К 75-летию со дня рождения.....2

Выдающиеся ученые России и Беларуси

Научное наследие. К 100-летию со дня рождения А.В. Лыкова.....8

Инженерия поверхностного слоя деталей машин. История и перспективы развития порошковой металлургии в БНТУ.....14

Академик Сергей Иванович Губкин.....17

Разработки ученых и специалистов

Проблемные вопросы помольного комплекса.....21

Резервы повышения эффективности помола клинкера и их реализация.....26

Автомобильный кран со съемным противовесом.....30

Патентуем сами

Патентуем сами.....35

Комбинированная система обучения.....40

Из истории авиации

Наш ответ Чемберлену, или Стратегическая авиация СССР.....43

Из истории

Лидский замок.....46

ФОРМУЛА УСПЕХА АКАДЕМИКА СТАНИСЛАВА АЛЕКСАНДРОВИЧА АСТАПЧИКА

к 75-летию со дня рождения

Э.М. Шпилевский



Со Станиславом Александровичем мы знакомы более 50 лет. Мы учились в одной школе. В 1958 г. мы ехали на целину в соседних вагонах, на целине работали в соседних совхозах: он — в «Рузаевском», я — в «Нежинском». Учились на одной кафедре, у нас были общие преподаватели и наставники, лекции мы слушали не только в одних аудиториях, а некоторые из них одновременно, путь в науку нам обоим определил Илья Григорович Некрашевич и Николай Николаевич Сирота. За многие годы работы Станислава Александровича в ФТИ, а меня в БГУ мы сотрудничали в деле отбора выпускников для научной работы, встречались на научных конференциях, на встречах с выпускниками средних школ, на праздниках родного факультета, на праздниках, организованных Марьиногорской белорусской средней школой или просто так. Прошедшие десятилетия наших деловых и дружеских отношений позволяют предметно говорить о Станиславе

Александровиче как ученом, гражданине, человеке и друге.

1. Достижения

Академик Станислав Александрович Астапчик — значимая и уважаемая в Беларуси персоне. Он известен далеко за пределами страны как крупный ученый-металловед, чьи научные идеи не только подтверждены в авторитетных научных лабораториях мира, но широко внедрены в практику крупнейших машиностроительных фирм. Его монографии и журнальные статьи отличаются глубиной и новаторством. Его работы знают, ими руководствуются в научных и заводских лабораториях, их изучают студенты и аспиранты, его мнение авторитетно и незыблемо.

Станислав Александрович Астапчик сформировал и вырастил авторитетную научную школу. В научном мире широко известны работы школы академика Астапчика по физике метастабильных состояний в металлах и сплавах, физическим основам фазовых и структурных превращений при воздействии интенсивных потоков энергии, влиянию больших скоростей нагрева и охлаждения на критические точки и интервалы фазовых и структурных превращений, по взаимодействию температурного и структурного фронтов.

Не менее важны работы этой школы по механизму и кинетике гетерогенных фазовых и структурных превращений в мартенситно-стабилизирующих, нержавеющих сталях, по скоростному непрерывному отжигу электротехнических и листовых сталей, цветных сплавов. Научные работы Станислава Александровича Астапчика и его учеников стали уже классическими. Главное достоинство этих работ в том, что они легко трансформируются в производственные технологии.

Значимость вклада ученого в науку определяется значимостью решенных им задач, кото-

рые возлагались научным сообществом или государством. На протяжении двух десятилетий Станислав Александрович работал директором известного в мире Физико-технического института НАН Беларуси, академиком-секретарем Отделения физико-технических проблем машиностроения и энергетики. Он являлся членом подкомитета по Государственным премиям Республики Беларусь, членом научного совета по проблемам прочности и металловедения, председателем Специализированного совета по защите диссертаций, заместителем главного редактора журнала «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук», главным редактором межотраслевого журнала «Инженер-механик». Названные административные и общественные должности требовали смелых идей ученого, организаторского таланта и ответственности. Кроме них, были конкретная работа в научной лаборатории, сугубо практические задачи по упрочнению изделий для самолетов, вертолетов, космических кораблей, несущих деталей ракет, другой военной техники. Для решения поставленных проблем Станислав Александрович отыскивал единомышленников и вместе с ними находил выход из самых затруднительных ситуаций.

Авторитет Станислава Александровича Астапчика в среде ученых подтвержден дипломами доктора наук, профессора, член-корреспондента и академика НАН Беларуси, а также награждением его премией трех академий (Беларуси, Украины, Молдовы) и Серебряной Георгиевской медалью Международного академического рейтинга популярности и качества «Золотая фортуна».

Признанием Станислава Александровича Астапчика на государственном уровне стало присуждение ему Государственной премии СССР, награждение орденами Октябрьской Революции, «Знак Почета», медалями «За доблестный труд», «100-летие В.И. Ленина», «Ветеран труда», Почетные грамоты Верховного Совета БССР, Совета Министров Республики Беларусь, присвоение звания Заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

Если бы сказанное относилось не к одному, а к нескольким людям, то каждый из них уже имел бы право гордиться своим вкладом. Академик Станислав Александрович Астапчик говорит скромно: «Я старался и стараюсь!».

2. Опаленное войной детство

Маленький Станислав появился в 1935 г. в счастливой молодой семье офицера-летчика

дальней бомбардировочной авиации Александра Астапчика и агронома-семеновода Ольги Маргеловой. Довоенное детство Станислава (более-менее обеспеченное, радостное и счастливое) проходило в трех местах: в деревне Печары Костюковичского района Могилевской области, где его дед, Маргелов Никита Романович, был директором начальной школы; в деревня Синча Осиповичского района Минской области, где служил его отец и жили родители отца; в деревне Блонь Пуховичского района Минской области, куда перед самой оккупацией его с матерью и братом отвез отец под опеку своей тети Альжбеты.

Оккупация фашистскими войсками принесла семье Астапчиков такой ад, такие потрясения, которые нельзя желать даже врагам. Мать Станислава, как жену советского офицера, немцы арестовывают, бросают в камеру смертников. Дети укрываются у соседей, затем их хватают немцы и помещают в лагерь. Отец на фронте, мать — в тюрьме, малолетние дети без еды и элементарного ухода в неволе враждебной и жестокой власти. Искать справедливости или милосердия бессмысленно. Тете Зосе (родной сестре отца) чудом удалось выкупить детей у охранявших лагерь полицаев, а потом пешком за 12 километров привести их в Синчу к дедушке и бабушке, родителям отца. Присмотр появился, но постоянный страх за жизнь не отступал (все же, дети офицера-коммуниста). Было голодно, хотя какие-то продукты, выращенные на приусадебном участке, были. Но ими надо было делиться и с партизанами, и с полицаями, и с немцами. На недоедание не обращали внимания — это было не главное. Главное — переживания за жизнь близких, сжимающая неизвестность, тревога и ожидание, главное — не поддаться, пересилить оцепенение, порождаемое страхом.

Особую опасность вызывали карательные экспедиции немцев против партизан. Озлобленные неудачей фашисты жестоко относились не только к партизанам, но и мирному населению: стреляли, вешали, жгли. По Синче дважды прокатились орды блюстителей «нового порядка». Сожжен был и дом Астапчиков, но, к счастью, все остались живы. Ужасы этих «экспедиций» на всю жизнь запомнили синчане.

А Ольге Никитичне Астапчик, матери Станислава, повезло, если угон в немецкую неволю, отнятие детей и беспокойство за их судьбу можно назвать везением. Ее оставили в живых, отправили в лагерь в г. Бобруйск, а затем увезли в Германию и определили в одно из бюргерских хозяйств вблизи Ганновер. Там, вместе с невольницами из Польши,

Югославии, Франции, Ольга Никитична доила коров, ухаживала за свиньями, выполняла разные сельскохозяйственные работы. В апреле 1945 г. ее освободили войска США. Преодолев множество трудностей и сотни километров пешком, к концу лета 1945 г. Ольга Никитична пришла в частично отстроенный после пожара дом свекра в Синче, где встретила своих детей. Какое счастье: они живы, здоровы, заметно подросли! Стасику уже десять лет, он окончил первый класс! Пусть и не совсем обустроенная жизнь, но с радостью созидания, с твердой уверенностью в лучшее будущее и без страха за свою жизнь и за жизнь близких.

3. Его влекло небо

С самого раннего детства Станислав мечтал стать летчиком. Ему нравилось смотреть в небо, наблюдать, как по небу плывут облака, воображать, что он их обгоняет на самолете, как папа. Это занятие отвлекало от мысли о еде, как-то грело изнутри. Когда он видел самолеты, у него появлялось жгучее желание запрыгнуть в кабину и... подняться высоко-высоко, за облака. Летчики казались самыми красивыми, самыми умными. Ему хотелось хоть чуточку быть похожим на летчика. Мама пояснила ему, что путь к мечте лежит через отличную учебу и знания.

Станислав старался учиться, несмотря на все трудности. В Марьиногорской белорусской средней школе, где стал учиться во втором классе Станислав, ученики писали на газетах и на бумаге от цементных мешков. Занятия проходили при свете керосиновых ламп. Зимой печное отопление классов не обеспечивало комфортной температуры. Нормальной одежды не было, ведь промышленность еще не перестроилось на мирную жизнь. Белье и рубашки были из парашютного шелка, куртка — из солдатской шинели, из нее же «бурки» (теперь не каждый знает, что это самодельные ватные сапоги). Станислав проявлял напористость: если его выполнение задания получалось неряшливым — переписывал по нескольку раз, читал много, пересказывал маме прочитанное. Не отказывался от домашних работ: в очереди за хлебом постоит, посуду помоем, дров наколет, печку протопит. Он почти взрослый, на него надеются, у него есть мечта, он не подведет.

В то время обязательным было образование в 4 класса. Кто слабо учился, должны были идти работать или пройти фабрично-заводское обучение (ФЗО), чтобы стать квалифицированным рабочим. Кто учился хорошо, те заканчивали 7 классов. Наиболее успешно окончивших 7 классов рекомендовали в 8-й класс, остальных — для

поступления в техникум. Окончившие 10 классов, как правило, все поступали в вузы.

После успешного окончания семи классов Марьиногорской белорусской средней школы Станислав с мамой и братом переезжают в пос. Скоморохи Житомирской области к новому месту службы отца. Станислав поступает в 8-й класс. Самолеты рядом, их гул слышен на улице, дома, в школе. Небо здесь выше (все же, южнее Марьиной Горки), мечта ближе. Учитель физики Гусляков Анатолий Артемович увлек его в мир физики, как-то естественно объединив этот мир с математикой, с авиацией и техникой. Приезд в Скоморохи легендарного конструктора самолетов Андрея Николаевича Туполева и случайная встреча с ним как бы замкнули в единое целое: давнюю мечту, увлечение физикой и математикой, самолеты в высоком украинском небе и создателя этих самолетов. С усердием Станислав штудирует учебники, неоднократно побеждает на областных олимпиадах, много читает о летчиках, конструкторах, испытателях самолетов, о военных подвигах и с отличными оценками заканчивает 10-й класс. Аттестат зрелости в руках. Мечта близка к реализации. Небо объединяет мечту и науки. Небо зовет в полет!

Но медицинская комиссия военкомата дает суровое заключение: «Не годен к воинской службе». Попытки что-то исправить, найти способы улучшения зрения, оказались безуспешными. «Неправильное питание в детстве, нагрузки на глаза при плохом освещении. Ничего сделать нельзя. Заботьтесь, чтобы не стало хуже», — такие неутешительные рекомендации консультантов.

«Но ведь можно быть конструктором!», — сказал себе Станислав и отправился в Москву, в поселок Долгопрудный, в знаменитый Физтех. Там Станислав за неделю сдает 9 экзаменов, большинство оценок «пять» и лишь одна «три» (по геометрии). При конкурсе 25 человек на одно студенческое место, именно она эта «тройка» преграждает путь в заветные аудитории.

Горько, обидно. Но Станислав не ропщет, не жалеет себя и не винит других. Он садится за учебники. А чтобы не соблазниться компанией друзей, побрил голову (стыдно с бритой головой на людях показываться). Усердие в освоении наук не прошли даром. Вступительные экзамены на физмат БГУ из шести предметов сданы лишь с одной «четверкой» (по английскому языку). Набрав 29 баллов из 30, Станислав изменил свой статус абитуриента на гордо звучащий статус «студент».

4. Становление личности. Выбор пути

Для Станислава Астапчика студенческие годы были счастливыми, радостными, но не беззаботными. Он старался везде успеть, усердно карпел над учебниками, как мог использовал возможности университета и столичного города для повышения своего культурного уровня, приумножая знания, выгоняя из себя провинциала. Его заметил и привлек в научный кружок заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики Илья Григорьевич Некрашевич, доцент, который дал путевку в большую науку многим белорусским академикам-физикам. Выбор Станиславом металлургического направления в науке в последствии определил академик Николай Николаевич Сирота, который как раз ко времени распределения их курса по специализациям организовал в университете кафедру физики твердого тела и полупроводников. Это было бурно развивающееся направление науки, а Николай Николаевич умел выявлять способных и их увлекать.

Студенты любили лекции Николая Николаевича, которые отличались четкостью изложения, яркостью показа современных достижений, сопровождалась ссылками на периодическую литературу, подчеркиванием значимости рассматриваемого явления для науки и практики, частым обращением с вопросами к конкретному студенту. Не удивительно, что вскоре студент Астапчик стал любимым учеником академика Н.Н. Сироты.

Надо сказать, в то время на физмате БГУ преподавательский коллектив был очень сильным, состоял из высокообразованных и пассионарных Личностей. Достаточно назвать академиков Д.А. Супруненко, Б.И. Степанова, А.Н. Севченко, член-корреспондент Ф.И. Федорова, профессора А.В. Иванова, доцентов М.П. Халимановича, И.И. Петровского, Л.А. Борисоглебского, И.З. Фишера, преподавателей Р.В. Плащинскую, А.В. Шибяеву. Их имена до сих пор с благодарностью вспоминают сотни студентов тех лет.

Тогда преподаватели много работали со студентами, абсолютно не считаясь со своим временем. Они никуда не спешили (ведь тогда не было собственных дач, подработок в коммерческих вузах, не было даже телевизоров). Консультации могли длиться 6–7 ч, а экзамен — 12–14 ч. Преподавание считалось миссионерской делом: необходимо подготовить такие кадры, которые защитят Родину, которые обеспечат победу в соревновании двух враждующих систем. Дух полной самоотдачи царил в стране, он передавался

студентам. Всякое недобросовестное отношение к учебе, к какому-либо поручению, к самообразованию, даже не связанному с учебным планом, или небрежность к своему внешнему виду «пропесочивались» сокурсниками в общежитийской комнате или на комсомольском собрании.

Студента Станислава Астапчика не было среди тех, кого за что-то «песочили». Он отлично учился, занимался научной работой, ударным трудом дважды отличился на уборке целинного урожая 1957 и 1958 гг., работая сменщиком тракториста на пахоте, помощником комбайнера, водителем автомобиля ГАЗ на перевозке зерна и заготовке кормов, выполняя другие авральные работы. За освоение целинных и залежных земель Станислав Астапчик награжден Знаком ЦК ВЛКСМ и Почетной грамотой Обкома КПСС Кустанайской области.

Бойкому и упорному выпускнику физического факультета БГУ 1960 г. Станиславу Астапчику предлагали работу и аспирантуру два академических института: Институт физики твердого тела и полупроводников и Физико-технический институт. Ректор БГУ академик А.Н. Севченко настаивал на физтехе. Станислав Астапчик согласился с мнением своего ректора, за что многие годы академик Н.Н. Сирота, директор Института физики твердого тела и полупроводников НАН Беларуси, укорял его, и даже после того, как С.А. Астапчик стал академиком, хотя гордился им как наиболее талантливым из своих учеников.

5. Формула успеха

Придя в Физико-технический институт, Станислав Астапчик попадает в школу известных металлургов — академика К.В. Горева и член-корреспондента М.Н. Бодяко. Начав трудовую деятельность старшим инженером лаборатории индукционного нагрева, под их руководством он прошел все ступеньки научной карьеры.

Говорят: «Все начинается в детстве». И это верно. Мечты маленького Стасика хотя и трансформировались, но реализовывались почти по исходному алгоритму: вверх и вверх к неизвестному, посмотреть, что за облаками. Многие годы Станислав Александрович изучает неизвестное, но не за облаками, а за фронтами перекристаллизации и фазовых переходов. В сущности и облаков разных много (от паров металла до электронных), а картин, изображающих структурные состояния, побольше, чем в плывущих в небе облаках.

Станислав Александрович — глубокая и многогранная Личность, талантливый, знающий,

инициативный, трудолюбивый и ответственный человек. Он импульсивно-взрывной и прямой, иногда бескомпромиссный. Его резкие выступления, которые мне довелось слышать, всегда были оправданными. Для кого-то они были нелюбимыми, но именно эти выступления останавливали продвижение к финансированию тупиковых проектов, изменяли заранее заготовленные решения, приводили к согласию спорящие стороны.

Мощная энергетика Станислава Александровича передается окружающим, и они смело берутся за работу, о которой раньше не могли и подумать. Ряд моих работ были инициированы Станиславом Александровичем и без его советов и требований они никогда не были бы выполнены.

Станислав Александрович — человек благодарный. Он благодарит своих школьных учителей и университетских преподавателей за начальные знания, за прочный фундамент. При своей занятости находит время откликнуться на приглашение и приехать на праздник школы в Марьину Горку или в Скоморохи. Он благодарен сослуживцам (начальникам и подчиненным) за благосклонность, опеку, помощь, поддержку, понимание, а друзьям — за радость общения, простоту отношений. Он благодарен корифеям советской науки за личный пример, мудрые советы, добрые слова, вселявшие уверенность, а умным книгам за поданные мысли, доброту чувств, жизненные примеры. Он благодарен жене Галине Федоровне и всей своей семье за любовь, надежный тыл, понимание и уступки, а стране, где родился, рос и работает, — за возможность реализации его потенциала, доверие решения значимых задач, высокую оценку его труда. Он благодарит жизнь за возможность радоваться рассветам и обнимать близких людей, дышать, любить и работать.

Станислав Александрович человек очень скромный. Его послушать, так все достижения, которые он имеет, — это заслуга всех людей и субстанций, которые он благодарит. Безусловно, все это причастно к формированию его личности. Но сидел в библиотеке он, работал, думал он, выбирал «что хорошо, а что плохо», — он, наконец, выбирал, у кого учиться и кого благодарить, тоже он.

Это почти религиозное чувство благодарности в крови Станислава Александровича. Будучи в Ганновере, он не преминул заехать в деревню Пайнэ, в которой его мать батрачила в фашистской неволе, чтобы молча поблагодарить судьбу, ее сберегшую и определившую ход его жизни.

Станислав Александрович — интересный собеседник. Удивительно располагающая манера гово-

рить и делать паузы, чтобы выслушать собеседника. Его энциклопедические знания не подавляют в разговоре, а обогащают и дают почву для размышлений. Круг его интересов необычайно широк. О чем бы мы не говорили: о науке, живописи, музыке, культуре или обычаях разных стран, истории славянских народов или великих исторических потрясениях, о выдающихся белорусах или гениях мирового значения — всякий раз я ощущал удовлетворение от новых познаний и от самого разговора.

Он удивительно начитан, много где бывал, многое видел, многие легендарные личности были его собеседниками. Но он редко говорит цитатами. Огромный багаж информации, которым он обладает, невидимыми путями трансформируется в новые знания и его собственное мнение.

Как-то я спросил у Станислава Александровича: «Вы много лет работали директором, академиком-секретарем отделения, объединяющего 12 институтов. В чем основная трудность ноши руководителя?» Немного подумав, Станислав Александрович ответил: «Для руководителя нужны два качества: 1) знать, кто на что способен, не глядя на степени и звания; 2) быть справедливым. Все остальное простят».

Минуту помолчав, Станислав Александрович добавил: «У меня формула успеха простая: *знания, труд, страсть, справедливость*. Без профессиональных знаний и знания людей ты ничто. Без труда ничего не получится. Все создается упорным трудом, физическим или умственным. А без страсти нет творчества, без страсти не преодолеть трудностей, которые всегда возникают в новом деле. Без труда и без страсти погибнут любые способности, заложенные природой. Без справедливости останешься один, уйдут соратники и единомышленники».

Я обратил особое внимание на фразу «не глядя на степени и звания».

Действительно, не редко встречаются так называемые «погононосители», а теперь они множатся на глазах: всеми способами вырывают и пробивают степени и звания, а потом превращаются в простых почтальонов. Из-за лени или из-за чванства они перестают работать, вернее, работают «почтальонами»: получив задачу от начальства, переносят ее к подчиненным, потом готовое решение исполнителя — на стол начальству. При этом, не сделав абсолютно ничего, «надувают щеки» — посмотрите, «какие они талантливые» и требуют новых почестей. О государственном или творческом подходе к делу у таких людей мысли не появляются.

6. Колосья и зерна родной Земли

Академик Станислав Александрович Астапчик — влюбленный в дело и жизнь человек. Он ценит дружбу и умеет дружить. Когда мы встречаемся, он редко говорит о личном. Его заботы масштабны, он государственная и пассионарная Личность. Его мысли — о новых материалах, новых методах модификации материалов, уже массово изготавливаемых промышленностью, о взаимодействии образования, науки и производства, о стимулировании и методах повышения эффективности науки, о подготовке кадров для высоких технологий.

Научные исследования Станислава Александровича последних лет связаны с лазерной модификацией поверхности, лазерным термоупрочнением, взаимодействием мощного излучения с веществом, лазерным синтезом и самораспространяющимся высокотемпературным синтез-процессом. Недавно вышедшая в издательстве «Белорусская наука» (шестая по счету) монография Станислава Александровича «Формирование переходных структур при направленной кристаллизации и лазерной обработке и осаждении» получила положительные отзывы у русскоязычных материаловедов. Это еще одно подтверждение мощного научного потенциала, которым обладает Станислав Александрович накануне своего семидесятипятилетия.

Станислав Александрович по-прежнему много работает. Как и 20, 30 и 40 лет назад, каждый день в 7 часов утра Станислав Александрович на работе. Он звонит мне из рабочего кабинета, когда я еще пью дома утренний кофе. Разговор всегда короткий, деловой, но непременно с приятной шуткой и по стилю добрый, располагающий. Его жизненная философия неизменна: счастье в полезном труде и творчестве.

Станислав Александрович предан науке, и его волнует не только решение конкретных проблем сегодняшнего дня. Он думает о будущем нашей науки, о том, как передать имеющийся богатый опыт старшего поколения молодым, как ликвидировать образовавшийся разрыв в естественной цепочке передачи знаний и опыта. В популяризации достижений белорусской науки, в обращении к жизненным примерам наиболее выдающихся наших земляков он пытается найти факел, зажигающий молодые сердца, или смычок для

оживления тонких струн их сознания. В редактируемом Станиславом Александровичем журнале «Инженер-механик» он инициировал статьи о выдающихся ученых, конструкторах, во многом определивших технический прогресс и уровень развития общества, обеспечивших победу здоровых сил человечества, а также о современных достижениях и новых направлениях науки.

С энтузиазмом он организует встречи ученых с выпускниками школ, пытается хоть как-то заполнить пробелы в работе вузов в важном деле отбора молодежи для получения высшего образования. Он ищет зерна и колосья, разбросанные по нашей белорусской земле и всему миру. Зерна и колосья — это люди, их дела, поступки, идеи. И Станислав Александрович ищет в прошлом и настоящем. А найдя, он пытается обречь и ограничить их, сделать заметными, сохранить и подготовить для будущих всходов. Созданная им научная школа — значимый колос металлостроения. Зерна этого колоса уже дают всходы и в промышленном производстве, и в научных исследованиях Беларуси.

Близятся два юбилея — 80 лет со дня основания Физико-технического Института НАН Беларуси и 75-летие со дня рождения академика Станислава Александровича Астапчика. У Станислава Александровича еще один юбилей — 50 лет его непрерывной и успешной работы в родном Институте.

Станислав Александрович весь в заботах: консультирует сотрудников лаборатории, дает указания по исправлению статей в сборник юбилейной конференции, просит связать с докладчиками и издателем, просит подготовить материалы к предстоящему ученому совету Института. Он по-молодому подвижен, фонтанирует энергией и чувствами, подобно командарму разруливает людей, решает возникающие проблемы. Даже в короткое посещение видишь: энергии много, опыт большой, знания энциклопедические, мнение авторитетно, организаторской хватки не занимать, востребован.

Дорогой Станислав Александрович! С юбилеями Вас!

Доброго здоровья Вам на многие годы, дальнейших успехов в многогранной Вашей деятельности! Умных и трудолюбивых Вам учеников и каждодневных положительных эмоций! Будьте счастливы, дорогой Станислав Александрович!

**ОО «БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВ-МЕХАНИКОВ»
ПОЗДРАВЛЯЕТ АКАДЕМИКА А.С. АСТАПЧИКА, ГЛАВНОГО
РЕДАКТОРА ЖУРНАЛА «ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК», С ЮБИЛЕЕМ!**

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ

к 100-летию со дня рождения А.В. Лыкова



Время неукротимо, неумолимо, безжалостно. И только в памяти соратников и друзей А.В. Лыков остается таким же живым, близким и неповторимым, каким он был в той жизни, когда шутил, любил, мечтал, творил, жил. Ученый и беззаветный труженик в науке, он был активным участником всего необыкновенного, что было связано с его временем, его эпохой. Сын своего времени и его активный создатель, он оставил серьезный вклад в науку и неизгладимый след во времени. Многие медленно предаются забвению, оставаясь лишь фактом из прошлого, многое просто кануло в Лету. Таковы законы жизни. Научные труды А.В. Лыкова остаются востребованными в на-

стоящее время так же, как и тогда, когда они создавались, блистая строгостью и красотой математических выкладок, оригинальностью идей и самобытностью изложения. Алексей Васильевич обладал огромной эрудицией, тонким чувством юмора, высокой духовной культурой. Он по природе своей был очень деликатным и отзывчивым человеком, готовым в любую секунду протянуть руку помощи и поддержки, и щедро делился знаниями и идеями со своими учениками. Он снискал большое признание и истинное уважение международного сообщества ученых-теплофизиков.

Алексей Васильевич Лыков родился в 1910 г. в г. Костроме. После окончания физико-математического отделения Ярославского педагогического института в 1930 г. работал в Ярославле преподавателем энергетического рабфака, а затем научным сотрудником в сушильной лаборатории Всесоюзного теплотехнического института. Здесь он проводил свои первые исследования по кинетике сушки и по разработке методов определения теплофизических характеристик влажных материалов. За выполненную работу по обезвоживанию влажных пористых материалов при переменном давлении пара в 1931 г. им было получено первое авторское свидетельство на изобретение «Сушилка переменного давления».

Уже в 1932 г. для анализа кинетики и динамики процесса сушки А.В. Лыковым были проведены опыты по исследованию полей влагосодержания при конвективной сушке капиллярно-пористых тел (диски из фильтровальной бумаги). В результате им были обнаружены точки излома на кривых распределения влагосодержания по толщине тела, которые соответствовали месту расположения поверхности испарения. В то же время из анализа полей влагосодержания было установлено, что не существует резкой границы между поверхностью испарения и последующими слоями аналогично границе промерзания грунта в задаче Стефана. Таким образом, можно говорить, что

испарение происходит не только на заглубленной поверхности, но и по всей толщине тела. Однако наибольшее количество испаряющейся жидкости уходит с поверхности испарения.

А.В. Лыков на основании проведенных экспериментов впервые предложил температурные кривые для анализа кинетики процесса сушки, в том числе и для изучения механизма углубления зоны испарения.

В 1932 г. Алексей Васильевич поступает в аспирантуру научно-исследовательского института физики Московского университета, где в этот период работали видные ученые — А.П. Млодзеевский, И.В. Лузин, А.С. Предводителев, И.Е. Тамм и др., оказавшие большое влияние на формирование его творческих способностей и дальнейшую научную деятельность.

В 1932–1935 гг. А.В. Лыков много и плодотворно работает над проблемой переноса в коллоидных, капиллярно-пористых телах. Им был разработан новый метод определения теплофизических характеристик влажных материалов. В 1935 г. он обнаружил новое явление — термическую диффузию влаги в капиллярно-пористых телах.

При неизотермическом переносе влаги, когда режим прогрева влажного материала обуславливает появление в нем градиента не только влажности, но и температуры, влага внутри материала будет перемещаться как за счет градиента влажности (явление влагопроводности, или концентрационная диффузия), так и благодаря градиенту температуры (явление термовлагопроводности, или термическая диффузия). Эта фундаментальная работа молодого ученого получила широкую известность в СССР и за рубежом. Она была доложена на секции Лондонского королевского общества и опубликована в его протоколах. В литературе явление термовлагопроводности известно под названием эффекта Лыкова. Оно подобно явлению термодиффузии в газах и растворах (эффект Соре). В 1935 г. А.В. Лыков успешно защищает кандидатскую диссертацию на эту тему.

Движение влаги под действием температурного градиента (термовлагопроводность) в коллоидах и капиллярно-пористых телах представляет собой сложный процесс, который включает следующие явления:

1) молекулярную термодиффузию влаги, главным образом в виде молекулярного течения пара, происходящую вследствие разной скорости молекул нагретых и холодных слоев материала;

2) капиллярную проводимость, обусловленную изменением капиллярного потенциала, за-

висящего от поверхностного натяжения, которое с повышением температуры уменьшается, а поскольку капиллярное давление над вогнутым мениском отрицательно, уменьшение давления повышает всасывающее усилие, вследствие чего влага в виде жидкости уходит от нагретых слоев тела к более холодным;

3) перемещение влаги под действием «защемленного» воздуха, поскольку при нагревании материала воздух в порах расширяется и проталкивает жидкость к слоям с более низкой температурой.

Термовлагопроводность является причиной перемещения влаги по направлению потока тепла. Однако при конвективной сушке создается градиент температуры, противоположный градиенту влажности, что препятствует передвижению влаги изнутри к поверхности материала. Но если направления градиента влажности и температурного градиента совпадают, то совпадают и направления соответствующих потоков влаги, которые в сумме дают общий поток влаги. Введенный А.В. Лыковым термоградиентный коэффициент показывает, какой перепад влагосодержания создается в материале при перепаде температуры, равном 1 °С.

А.В. Лыковым показано, что термоградиентный коэффициент зависит от влажности материала, т. е. от термического перемещения влаги, и так же, как и влагопроводность, обусловлен формой связи влаги с материалом.

На основе явлений влагопроводности и термовлагопроводности А.В. Лыков раскрыл механизм усадки и растрескивания материала в процессе сушки, а также переноса водорастворимых веществ и показал, что основным препятствием для быстрой сушки многих материалов является их растрескивание. Причиной появления трещин (локальное разрушение), а также полного разрушения (потеря целостности структуры) является развитие объемного напряженного состояния сушеного материала свыше предельно допустимого, обусловленного прочностью материала. Это напряженное состояние создается недопустимой усадкой, которая в свою очередь возникает в результате неравномерного распределения влагосодержания и температуры внутри материала. Следовательно, основной причиной трещинообразования в процессе сушки является наличие полей влагосодержания и температуры со значительными перепадами этих величин.

Используя эти явления, А.В. Лыков ввел критерий трещинообразования. Зная допустимую

величину критерия трещинообразования, всегда можно получить высушиваемый материал высокого качества.

Разработанная А.В. Лыковым теория переноса водорастворимых веществ позволяет регулировать этот процесс. Жидкость во многих материалах содержит растворимые вещества, которые при движении жидкости переносятся с ней и концентрируются на поверхности материала вследствие испарения жидкости. Следует отметить, что для одних материалов это является нежелательным, а для других технологических процессов и материалов — необходимым условием.

Особенно эффективным методом управления переносом вещества является изменение температурного градиента внутри материала. Изменяя величину и направление ∇t , можно создать разнообразные условия для перемещения влаги и тем самым воздействовать на физико-химические и биологические свойства материала.

А.В. Лыковым были созданы экспериментальные методы определения удельной массоемкости, потенциалов переноса влаги, коэффициентов теплопроводности и термовлагопроводности.

Весь накопленный экспериментальный и теоретический материал по механизму процесса сушки довоенного периода А.В. Лыковым был систематизирован и опубликован в 1938 г. в монографии «Кинетика и динамика процессов сушки и увлажнения».

Работая над общими проблемами тепло- и массопереноса, Алексей Васильевич, в частности, занимается теорией теплопроводности, разработкой эффективных приемов решения задач нестационарной теплопроводности операционным методом Лапласа – Хевисайда. Им получен ряд новых важных соотношений в операционном исчислении. Они позволяют решать краевые задачи теории теплопроводности, обходясь только простым аппаратом алгебры и элементами математического анализа.

Широкое использование операционных методов позволило получить решение в двух формах: одно удобное для расчетов при малых значениях чисел Фурье, другое — для больших значений чисел Фурье.

Установлена связь между теорией подобия (теория обобщенных переменных) и операционным исчислением. Таким образом, решения приобретают конкретный физический смысл.

Разработан метод асимптотических оценок на основе аналитических свойств преобразования Лапласа. Установлен единый признак регулярного

режима нагревания или охлаждения твердых тел, объединяющий существующие признаки регулярного режима первого, второго и третьего рода.

А.В. Лыковым разработан новый метод решения нелинейных задач теории теплопроводности, когда теплофизические характеристики зависят от координат. Из этого обобщенного метода вытекает как частный случай ряд общеизвестных методов решения подобного рода задач. Этот обширный цикл работ был обобщен в ставшей уже классической книге А.В. Лыкова «Теория теплопроводности», выдержавшей два издания в СССР и переведенной во многих странах.

Напряженная творческая работа не проходит бесследно для здоровья А.В. Лыкова — он тяжело заболевает и переносит сложную операцию. Прикованный к постели, но сохранивший стойкость духа Алексей Васильевич продолжает упорно и плодотворно работать, пишет две монографии — одну по кинетике и динамике процессов сушки, другую — по теплопроводности и диффузии.

После выздоровления в 1939 г. А.В. Лыков защитил в Московском энергетическом институте докторскую диссертацию. В 1940 г. он был утвержден в звании профессора, с 1942 г. заведовал кафедрой физики Московского технологического института пищевой промышленности. Здесь и на кафедре физики Московского института химического машиностроения, которой А.В. Лыков заведовал по совместительству, были организованы хорошо оборудованные исследовательские лаборатории по молекулярной физике и теории тепла. В них были выполнены обширные, получившие широкую известность исследования по тепломассопереносу в дисперсных и капиллярно-пористых телах при фазовых и химических превращениях, а также работы по радиационному теплопереносу и явлениям переноса в глубоком вакууме.

В этот же период растет международный авторитет Лыкова-ученого — по представлению профессора В. Оствальда Алексей Васильевич избирается членом международного общества Kolloidgesellschaft.

В 1951 г. А.В. Лыков издает монографию «Теория сушки», а в 1956 г. публикует вторую монографию, также посвященную вопросам сушки — это «Тепло- и массоперенос в процессах сушки».

Основой «Теории сушки» являются закономерности взаимосвязанного переноса тепла и влаги во влажных материалах при взаимодействии их с нагретыми газами, с горячими поверх-

ностями, а также в процессах облучения тепловыми и электромагнитными волнами при наличии фазовых превращений.

Теория сушки является важным разделом науки о тепло- и массообмене. Однако процесс сушки влажных материалов представляет одновременно и технологический процесс, при котором, как указывалось раньше, меняются структурно-механические, технологические и биохимические свойства материала, поскольку в процессе сушки происходит изменение форм связи влаги с материалом и ее частичное удаление путем испарения. Поэтому теория сушки базируется не только на процессах тепло- и массопереноса в капиллярно-пористых телах, но и на учении о формах связи влаги с влажными материалами.

А.В. Лыков все влажные материалы в зависимости от их основных коллоидно-физических свойств разделил на три вида:

1. *Типичные коллоидные тела.* При удалении жидкости они значительно изменяют свои размеры (сжимаются), но сохраняют свои эластичные свойства (желатин, прессованное мучное тесто).

2. *Капиллярно-пористые тела.* При удалении жидкости они становятся хрупкими, мало сжимаются и могут быть превращены в порошок (песок, древесный уголь).

3. *Капиллярно-пористые коллоидные тела, обладающие свойствами первых двух видов.* К их числу принадлежит большинство материалов, подвергаемых сушке.

На основе анализа форм связи влаги с материалом (по схеме П.А. Ребиндера) и классификации влажных материалов А.В. Лыков сделал попытку объяснить форму кривых скорости сушки с точки зрения механизма переноса влаги в телах.

Используя кривые скорости сушки, А.В. Лыков разработал приближенные методы расчета продолжительности процесса сушки, устанавливающие зависимость между влагосодержанием тела и временем. Эту зависимость можно получить путем решения системы дифференциальных уравнений тепло- и массопереноса, для чего необходимо знать связь коэффициентов переноса с влагосодержанием и температурой. Решение получается сложным в аналитическом отношении, поэтому А.В. Лыков предложил достаточно надежное уравнение, описывающее кривую сушки с минимальным количеством констант, определяемых экспериментально.

Этот метод расчета на протяжении многих лет хорошо оправдал себя для различных условий сушки. Суть метода состояла в том, что дей-

ствительные кривые скорости сушки аппроксимируются прямой, т.е. получалась прямо пропорциональная зависимость между скоростью сушки и удаляемой влагой и в этом случае уравнение кривой сушки значительно упростилось. В настоящее время имеются многочисленные данные по коэффициенту сушки, входящему в приближенное уравнение сушки.

Дальнейшим развитием теории кинетики процесса сушки было установление взаимосвязи между теплообменом и массообменом с помощью безразмерной величины, которая в основном уравнении кинетики сушки была названа числом Ребиндера.

На основании экспериментального материала по зависимости числа Ребиндера от влагосодержания были развиты приближенные методы расчета среднеинтегральной температуры материала, знание которой необходимо для создания технологии процесса сушки, поскольку температура материала во многих случаях является определяющим фактором.

А.В. Лыков много внимания уделял развитию теории сублимационной сушки. Некоторые материалы необходимо сушить при низкой температуре, поскольку незначительное ее повышение вызывает резкое ухудшение их технологических свойств. Сушка при низких температурах и при атмосферном давлении происходит очень медленно. Поэтому с целью интенсификации процесса применяют сушку в вакууме. Уменьшение давления резко увеличивает интенсивность испарения за счет повышения коэффициента массообмена, который в первом приближении обратно пропорционален давлению.

При сублимационной сушке материал находится в замороженном состоянии. Теоретические и экспериментальные работы А.В. Лыкова в области внешнего и внутреннего тепло- и массообмена при сушке сублимацией позволили ему предложить гипотезу о выносе частичек льда из поверхности, которые испаряются и тем самым способствуют интенсификации тепло- и массообмена.

Трудами А.В. Лыкова создана единая теория взаимосвязанного тепло- и массообмена в капиллярно-пористых телах. Установлены закономерности диффузионного и эффузионного транспорта влаги, доказано влияние молярного переноса влаги, вызванного тепловым и диффузионным скольжением. В результате сформулирован закон переноса массы в капиллярно-пористых телах для неизотермических условий.

Система дифференциальных уравнений А.В. Лыкова для взаимосвязанного тепло- и влаготеплопереноса с учетом фазовых превращений в одномерном случае имеет вид

$$\begin{aligned} c\rho_0 \frac{\partial T}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \varepsilon \rho_0 Q \frac{\partial u}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial u}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(a_m \frac{\partial u}{\partial x} + a_m \delta \frac{\partial T}{\partial x} \right), \end{aligned}$$

где T — температура; u — влагосодержание; a_m — коэффициент диффузии влаги; δ — термодиффузионный коэффициент; λ — коэффициент теплопроводности; c — удельная теплоемкость; ρ_0 — плотность сухого тела; ε — отношение изменения влагосодержания за счет испарения к общему изменению влагосодержания; Q — теплоты испарения.

Таким образом, А.В. Лыковым заложены теоретические основы взаимосвязанного тепло- и массообмена капиллярно-пористых тел с окружающей средой, установлены критерии и числа подобия таких процессов, а на базе обширных и многочисленных исследований А.В. Лыкова создана современная теория сушки влажных материалов.

А.В. Лыков одним из первых обратил внимание на тот факт, что при заданных заранее переменных условиях на поверхности тела (часто очень близких к реальным) использование закона Ньютона для выражения удельного теплового потока q через температурный напор ($T_w - T_\infty$):

$$q = \alpha (T_w - T_\infty) = Nu \frac{\lambda}{l} (T_w - T_\infty),$$

а следовательно, и коэффициента теплообмена α , не всегда приемлемо. Он показал, что закон зависимости температуры стенки от координат и от времени не может быть задан априори, а должен быть получен путем совместного решения уравнений распространения тепла в жидкости и твердом теле вместе с уравнениями движения, причем на границе твердое тело – жидкость температуры и тепловые потоки равны, т. е. должна решаться так называемая сопряженная задача теплообмена. При такой постановке учитывается взаимное тепловое влияние тела и жидкости, которое в другой постановке не учитывается, в результате чего теплообмен оказывался не зависящим от свойств тела, его теплофизических характеристик, размеров, распределения источников в теле и т. д., что противоречит физическому смыслу. Особенно важно рассматривать задачи теплообмена как сопряженные при нестационарном теплообмене. Действительно, даже для

случая предельно больших значений коэффициента теплопроводности твердого тела температуру поверхности тела нельзя считать постоянной, поскольку хотя она и не зависит от координат точек поверхности, но изменяется во времени. Однако в отличие от стационарного теплообмена даже в этом предельном случае закон изменения температуры поверхности во времени не может быть наперед задан, а следовательно, практически все задачи нестационарного конвективного теплообмена должны формулироваться как сопряженные.

Решение сопряженных задач теплообмена связано с серьезными математическими трудностями. Одна из них состоит в том, что, например, для стационарных задач приходится сталкиваться даже с дифференциальными уравнениями разных типов: для жидкости получается уравнение в частных производных параболического типа, а для твердого тела — эллиптического типа.

А.В. Лыков принимал активное и непосредственное участие в разработке новых аналитических и численных методов решения сопряженных задач. В настоящее время сопряженная формулировка задач теплообмена является общепризнанным подходом к решению научных и практических задач.

А.В. Лыковым впервые было дано обобщение принципа Пригожина о скорости изменения энтропии в процессе переноса. В результате была получена новая система линейных уравнений переноса, отличающаяся от системы Онзагера тем, что потоки зависят не только от термодинамических движущих сил, но также от скорости их изменения.

Из этой системы обобщенных соотношений вытекают уравнения переноса с учетом конечной скорости распространения субстанции, а затем как частный случай выводятся гиперболические дифференциальные уравнения теплопроводности и диффузии.

Одним из глубоких увлечений Алексея Васильевича в последние годы жизни был круг проблем, который условно назывался «нелинейная термомеханика». Сюда входили вопросы термомеханики и термодинамики сред с усложненными свойствами, таких как микрополярные среды, среды с памятью различного типа, в первую очередь — теория теплопроводности с памятью. В последней его прежде всего интересовали обобщения и термодинамическое обоснование гиперболического уравнения теплопроводности.

А.В. Лыковым и его учениками впервые была доказана совместимость гиперболического урав-

нения теплопроводности со вторым началом термодинамики, или, иными словами, термодинамическая допустимость этого уравнения. В дальнейшем техника отыскания термодинамических ограничений релаксационной функции была обобщена на различные классы сред с памятью, а также на случай учета всех типов релаксации, включая и перекрестные эффекты. Так, например, для деформируемой теплопроводящей среды с памятью имеют место три типа релаксации по температуре, по градиенту температуры и по градиенту деформации для трех независимых переменных (внутренней энергии, теплового потока и тензора напряжений). Сочетание всех трех видов релаксации для каждой из трех переменных дает девять релаксационных функций R_{nm} , в которых три дополнительных элемента описывают главные типы релаксации (внутренняя энергия — температура, тепловой поток — градиент температуры, тензор напряжения — градиент деформации), остальные — перекрестные. В дальнейшем эти результаты были развиты на случай обобщенных термодинамических систем, а для линейной теории доказана также их достаточность для выполнимости второго начала в стандартной формулировке.

Более чем за 40 лет научно-исследовательской работы А.В. Лыковым было опубликовано около 250 научных статей и 18 монографий, в том числе «Теория сушки», «Явления переноса в капиллярно-пористых телах», «Теория теплопроводности», «Теория переноса энергии и вещества», «Справочник по тепло- и массообмену» и др.

Его монографии переведены и изданы в Англии, Германии, Франции, Венгрии, США и в других странах. В 1951 г. за монографию «Теория сушки» (1950) А.В. Лыкову была присуждена Государственная премия первой степени, а за монографию «Теория теплопроводности» он удостоен в 1969 г. высшей в СССР награды в области теплотехники — премии им. И.И. Ползунова.

Обладая высокоразвитым чувством нового, исключительной работоспособностью и самодисциплиной, Алексей Васильевич ценил эти качества в людях — коллегах, учениках. Он привлекал к решению сложных задач талантливую молодежь, всячески способствуя ее творческому росту, доверял ей и смело выдвигал к руководству важными участками работы. Он постоянно напоминал о том, что критический анализ основных понятий, лежащих в основе теории, всегда полезен и необходим, что даже кажущаяся вздорной идея не должна сразу и категорически отвергаться,

ибо только наличие множества новых идей, рождаемых «мысленными экспериментами», — величайший залог успешного развития науки и техники. Созданная им в Белорусском государственном университете кафедра теплофизики (теперь энергофизики) готовит высококвалифицированных специалистов-исследователей в различных областях науки о тепло- и массообмене. В течение 40 лет Алексей Васильевич преподавал в высших учебных заведениях, руководил работой аспирантов и соискателей. Им подготовлено 130 кандидатов наук, 27 его учеников стали докторами наук.

Исключительно плодотворной была деятельность А.В. Лыкова на посту директора Института тепло- и массообмена АН БССР, который он возглавил в 1956 г. За короткое время небольшой коллектив вырос в крупный теплофизический научный центр, который можно рассматривать как реальное наследие А.В. Лыкова. Традиции, заложенные А.В. Лыковым в институте, были уникальными. Демократичность, царившая в институте, сыграла решающую роль в формировании того особого творческого уклада, который предопределил создание атмосферы свободных обсуждений и дискуссий, органически сочетающихся с открытой и доброжелательной критикой и способностью радоваться успехам коллег. Из ИТМО АН БССР выделились институты ядерной энергетики АН БССР, водных проблем Минводхоза СССР, Белорусский филиал энергетического института им. Г.М. Кржижановского. За большие научные достижения и успехи в подготовке научных кадров в 1969 г. Институт был удостоен высокой правительственной награды — ордена Трудового Красного Знамени.

По инициативе А.В. Лыкова в 1958 г. был основан «Инженерно-физический журнал», главным редактором которого он был до конца своей жизни. В 1959 г. А.В. Лыков был назначен редактором от СССР международного журнала *International Journal of Heat and Mass Transfer*, являлся заместителем председателя Советского национального комитета по тепло- и массообмену.

Большой вклад А.В. Лыкова в теплофизику получил заслуженное признание. В 1956 г. он был избран академиком АН БССР, в 1957 г. — действительным членом Академии строительства и архитектуры СССР. Тогда же он был удостоен звания Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, в 1967 г. получил высшую награду страны — орден Ленина, а в 1970 г. — орден Трудового Красного Знамени.

А.В. Лыков придавал большое значение международному сотрудничеству ученых и постоянно стремился к его укреплению. Он явился инициатором проведения в Институте Всесоюзных конференций по тепло- и массообмену, которые с 1961 г. проводились здесь каждые четыре года. С 1988 г. — это Международные форумы, в которых принимают участие сотни ученых из разных стран. Не случайно состоявшийся в мае 2000 г. IV Международный форум по тепло- и массообмену был посвящен 90-летию со дня рождения А.В. Лыкова.

Заслуги А.В. Лыкова в области укрепления международных связей ученых признаны во многих странах мира. В 1969 г. А.В. Лыков был

избран почетным зарубежным членом общества механиков Польской академии наук, в 1971 г. за вклад в развитие науки о тепло- и массообмене правительство Чехословацкой республики наградило его золотой медалью «За заслуги в развитии дружбы и сотрудничества с ЧССР», а в 1973 г. А.В. Лыков был награжден Золотой медалью Французского института топлива и энергии.

Самобытный талант, преданность науке, уважение и любовь к людям, принципиальность ученого — все это, вместе взятое, снискало Алексею Васильевичу Лыкову широкое признание как обществу и политическому деятелю, одному из вездущих ученых-теплофизиков.

О. Г. Мартыненко

ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В БНТУ

Пантелеенко Ф.И.

Бесспорно, отделению физико-технических наук НАН Беларуси принадлежит ведущая ключевая роль в создании новых материалов и технологий для реального сектора экономики Беларуси.

Отдавая должное отделению ФТИ НАН Беларуси в целом, следует отметить, что каждый академик ФТИ НАН Беларуси (Яцерицын П.И., Астапчик И.А., Степаненко А.В., Клубович В.В., Гордиенко А.И. и др.) — это отдельный пласт, направление, целая эпоха.

Все, что касается зарождения, развития и расцвета порошковой металлургии ПМ в Беларуси, связано с именем Романа О.В., который по праву является отцом в нашей стране.

Роман О.В.

Краткая биографическая справка.

Олег Владиславович родился 21.09.1925 г. в г. Владивостоке. Окончил БПИ (ныне БНТУ) в 1948 г. После успешного окончания в 1951 г. целевой аспирантуры Ленинградского политехнического института и защиты в срок кандидатской диссертации работает преподавателем, заместителем декана машиностроительного факультета, а с сентября 1955 г. по приказу ректора Дорошевича М.В.

возглавляет кафедру «Технология металлов» БПИ (в последующем — кафедра «Порошковая металлургия и технология материалов»).

С 1972 г. Олег Владиславович — директор НИИ порошковой металлургии, созданного им на базе кафедральной отраслевой научно-исследовательской лаборатории (с 1956 г.) и разместившегося на территории завода «Ударник».

В 1980–1993 гг. Роман О.В. — генеральный директор Белорусского республиканского научно-производственного объединения порошковой



металлургии, в состав которого входят 3 НИИ и завод порошковой металлургии в г. Молодечно.

В 1991–1996 гг. Олег Владиславович — председатель совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Он академик, доктор технических наук (1972 г.), профессор, заслуженный деятель науки, БССР (1976 г.), обладатель многих государственных и международных наград, в том числе, пожалуй, единственной в Беларуси Международной премии имени Джавахарлала Неру (1992 г.) и Международной премии Индийской ассоциации порошковой металлургии (2002 г.).

Роман О.В. — автор около 350 научных работ, 60 патентов, 8 монографий.

В чем же секрет этой удивительно яркой в науке личности? Особенно важно понимание его феномена как примера для современной талантливой молодежи, идущей в науку:

– фундаментальная подготовка и профессионализм;

– умение видеть перспективу, зажечь, объединить, сплотить, научить и нацелить на решение проблем коллектив единомышленников (его ученики — 7 докторов наук, более 50 кандидатов наук);

– масштабность, широта и смелость подходов, способность убедить государственных деятелей принять ответственные решения, привлечение потенциала мировой науки;

– неустанный труд, личный пример, талант организатора, требовательность, прежде всего, к себе, настойчивость в достижении поставленных целей, здоровая амбициозность.

Конечно, каждый из названных пунктов достоин особого подробного обсуждения.

Время позволяет остановиться лишь на главном.

На каждом из уровней масштабности коллектива: то ли микроуровень — кафедра, то ли макроуровень — объединение порошковой металлургии, важно находить и умело использовать различные рычаги гармоничного роста и совершенствования коллектива.

Поэтому те стратегические направления развития кафедры, которые были заложены Олегом Владиславовичем, являются основополагающими и сейчас: обучение студентов на передовых наукоемких мировых технологиях, всемерная интеграция образования — науки — производства и вовлечение студентов в исследовательский процесс, одновременное развитие учебного, научного процессов, повышения квалификации (ПК) и стажировок, материально-технической базы (МТБ), постоянное совершенствование обучающих технологий, принцип коллективности, постоянное вовлечение молодых ученых в учебный процесс, работа в команде.

Здесь нельзя не вспомнить хотя бы некоторых ученых, сотрудников, учеников, с которыми Олег

Владиславович начинал развивать порошковую металлургию: Афанасьев Л.Н., Алексеев Ю.Г., Би-чуров Г.В., Бойко Р.И., Беляев В.И., Богданов А.П., Боярчук Н.М., Витязь П.А., Горлуцова Е.С., Горобцов В.Г., Григорьев С.В., Горохов В.К., Горанский Г.Г., Габриелов И.П., Дьяконов О.М., Дорошкевич Е.А. Дубровская Г.Н., Звонарев, Иваницкий В.И., Ковалевский В.Н., Комаров О.С., Кучерявый А.Г., Керженцева Л.Ф., Логинов П.И., Лукьянова Р.И., Ловшенко Ф.Г., Мороз Л.А., Фоменков Ф.В., Юзефович В.П., Хренов О.В., Усманов А.Н., Шелег В.К., Шиманович И.М. и многие-многие другие.

Нельзя не отметить, что в свое время благодаря личным контактам Романа О.В. с ведущими учеными дальнего зарубежья (Австрии, Швеции, Индии, Германии, США, Великобритании, Италии, Франции и др.) прошли зарубежные стажировки:

- Богинский Л.С., Ковалевский В.Н. Касперович В.Б., Горанский Г.Г., Ловшенко Ф.Г., Тимашков В.Д., Реут О.П. в Австрии;
- Афанасьев Л.Н., Витязь П.А. — в Швеции;
- Голубцова Е.С. — в Германии;
- Богданов А.П. — в Великобритании;
- Горобцов В.Г. — в США;
- Хренов О.В. — в Италии и др.

А каких огромных усилий требовало привлечение в малоизвестную в 70–80-е гг. прошлого столетия на международные выставки всемирно известных фирм и оснащение НИЛ, затем НИИ и объединения самым современным оборудованием для рентгеновского, металлографического МРСА, химического анализов и оценки технологических и физико-механических свойств порошков и порошковых материалов.

Ведь в значительной мере благодаря стараниям тех лет центр исследования структуры и свойств объединения ИМ, возглавляемый нынче Марковой Л.В. (ранее Чеканом В.А. — один из лучших в Республике Беларусь.

Вспоминаются примеры обращения Олега Владиславовича к П.М. Машерову и то понимание, с которым партийный руководитель Беларуси содействовал развитию ПМ в нашей стране!

Важно отметить, что во все времена БПИ оставался и остается главной кузницей инженерных и научных кадров для объединения ПМ.

Это также хорошая традиция, заложенная Романом О.В. и его коллегами. Равно как и надежной базой практики для наших инженеров-порошковиков к сварщикам являются институты ПМ и сварки.

Ни в коей мере не приуменьшая заслуг и достижений последующих руководителей объединения ПМ, внесших значительный вклад в его работу (Витязь П.А., Дорошкевич Е.А., Шелег В.К., Ильюшенко А.Ф.), следует констатировать: период расцвета объединения ПМ приходится на те годы, когда его возглавлял О.В. Роман.

Произошедший развал некогда могучего СССР и последовавшие ним негативные процессы резко ослабили ПМ в Беларуси.

Сегодня мы стараемся сохранить образовательные позиции по ПМ, укрепить и развить сварку.

Сегодня в БИТУ вопросами, связанными с ПМ, наноматериалами и нанотехнологиями, нанесением защитных покрытий, занимаются на кафедрах и в НИИЛ на МТФ, МСФ, АТФ, ПСФ, ИПФ, ИПК под руководством 25 докторов наук, профессоров и ряда кандидатов, наук в области пластичности под руководством академика Клубовича В.В., доктора технических наук Томило В.А.

На МТФ — это работы:

- под руководством доктора технических наук Калиниченко А.С. — композиционные материалы и гальванопокрытия доктора технических наук, профессора Ковалевского В.Н., доктора технических наук Голубцовой Е.С., в области новых композиционных материалов, керамики, сварки взрывом, тонкопленочных вакуумных покрытий Денисов Л.С. — сварка; Ловшенко Г.Ф. — механолегирование порошков, Тумилович М.В. — пористые проницаемые материалы;

- под руководством доктора технических наук профессора Комарова О.С. — создание износостойких высокохромистых чугунов и утилизации металлоотходов;

- под руководством доктора технических наук Пантелеенко Ф.И. и Константинова В.М. в области получения диффузионно-легированных порошков, в т. ч. из отходов и защитных покрытий, из них:

- под руководством доктора технических наук Ситкевича М.В., Соколова Ю.В. — х.-т. о. и целевые плазменные покрытия;

- на МСФ: работы под руководством докторов технических наук, профессоров Шелега В.К., Спиридонова Н.В., Девойно О.Г., Мрочка Ж.А., Присевка А.Ф., Беляева Г.Я. и других в области лазерных, плазменных и других высокоэнергетических технологий получения многофункциональных покрытий;

- на АТФ: работы под руководством известных докторов технических наук, профессоров Ивашко В.С. Ярошевича В.К. и др.

• на ПСФ: работы под руководством докторов технических наук, чл.-кор. Плескачевского Ю.М., Чижика С.А., Жарина А.Л., Зайцева и др. в области микро- и наноматериалов и технотрибологии.

Набираем 1 группу порошковых и 3 сварщиков. Удалось за последние годы значительно укрепить МТ и лабораторную базу, приобрести 2 уникальных исследовательских комплекса, провести ремонт лабораторий и производственных мастерских.

Заведовавшие после О.В. Романа кафедрой профессор Ковалевский В.Н. (1990–2006 гг.), Пантелеенко Ф.И. (2006–2009 гг.), Снарский А.С. (настоящее время) внесли свою лепту в укрепление прежде всего кадрового состава.

На НПФ: работы под руководством доктора технических наук декана Иващенко С.А., доктора технических наук Иванова И.А. в области вакуумных покрытий.

Особо важна роль технопарка «Политехник» под руководством генерального директора — проректора по производственной работе Алексева Ю.Г. Очень важна координация усилий этих известных научных коллективов.

Поэтому предполагается создание своеобразного центра материалов и упрочняющих технологий.

В рамках Минобразования создается координационный центр по микро- и наноматериалам и технологиям, куда войдут известные ученые лидеры от БИТУ, БГУ, БГУИР.

АКАДЕМИК СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ГУБКИН **(27.08.1898–8.09.1955)**



Сегодня мы отмечаем памятную дату крупнейшего ученого и организатора науки в области пластичности, металлофизики и металлообработки, действительного члена Академии наук БССР, Заслуженного деятеля науки и техники, профессора, доктора наук Сергея Ивановича Губкина — нашего учителя, руководителя и старшего товарища. В его лице отечественная наука имеет выдающегося ученого, создателя теоретических основ технологических процессов формоизменения, составляющих фундамент машиностроения и металлургии. В сферу его интересов входил анализ и разработка теории течения металлического вещества, технологических рекомендаций практически по всему спектру проблемных вопросов: деформируемость, сопротивление деформированию, термомеханические режимы процессов горячего, полугорячего и холодного деформирования, оптимизация процесса.

В период работы С.И. Губкина в Москве в темпе развивалась авиационная промышленность с ее непрерывно повышающимися требованиями к свойствам используемых материалов, в част-

ности, алюминиевых и магниевых сплавов, труднодеформируемых материалов. Он занимался как отдельными процессами, так и развитием целостных представлений в области деформирования.

Период работы Сергея Ивановича Губкина в Белоруссии совпал с бурным развитием здесь машиностроения. В числе прочего без отрыва от серьезной научно-исследовательской работы он организовал подготовку необходимых квалифицированных кадров по некоторым специальностям заготовительных производств. Уже в то время он ратовал, где только мог, за необходимость развития в республике металлургического, в частности, прокатного производства.

Свою научную деятельность Сергей Иванович всегда связывал с решением актуальных производственных задач. Он создавал научно-производственные ячейки, решавшие буквально назревшие проблемы. В этом плане им создано 6 научно-исследовательских лабораторий по изучению закономерностей пластической деформации металлов: в ВИАМ, ИОНХ АН СССР, Институте цветных металлов и золота, Институте металлургии АН СССР, Физико-техническом институте АН БССР и Белорусском политехническом институте.

Сергей Иванович Губкин родился в 1898 г. в семье выдающегося геолога Ивана Михайловича Губкина. Профессиональное образование получил в Московской горной академии, которую окончил в 1927 г. Научную деятельность начал под руководством академика Н.С. Курнакова, учеником и последователем которого был, как отмечается в литературе, всю свою жизнь. После окончания аспирантуры Сергей Иванович работал в Московском институте цветных металлов и золота (вначале доцентом, затем профессором, возглавлял кафедру обработки металлов давлением (1930–1944 гг.)). В период 1944–1948 гг. работал в институте металлургии Академии наук СССР заместителем директора по научной работе и там же руководителем отдела обработки металлов давлением.

В 1947 г. Сергей Иванович был избран действительным членом Академии наук БССР. С этого времени и до конца жизни его научно-педагогическая и общественная деятельность проходила в Белоруссии.

Условия развития республики характеризовались тогда резким развитием машиностроительной промышленности. Здесь Сергей Иванович нашел широкое поле для применения своих знаний, сил и способностей. В Академии наук БССР

он возглавил работу Физико-технического института. Будучи его директором, он сильно преобразовал направление деятельности института. Одновременно с этим Сергей Иванович организовал кафедру обработки металлов давлением в Белорусском политехническом институте.

В этот период им осуществлялась большая программа научно-исследовательских работ по различным вопросам обработки металлов давлением, много сил он отдавал проблеме подготовки инженеров по новым для республики специальностям, обеспечении профессорско-преподавательским составом прежде всего за счет местных возможностей через аспирантуру, соискательство, докторантуру.

В области обработки металлов давлением Сергей Иванович Губкин известен как ученый, создавший инженерную теорию течения металлического вещества, послужившую основой для изучения и совершенствования технологических процессов обработки металлов давлением. Им убедительно показано, что решения общетеоретических вопросов при приложении к частным технологиям всегда в той или иной степени сопровождаются спецификой, вызываемой условиями деформирования, и требует приспособления к каждой характерной ситуации. Об этом свидетельствуют, в частности, известные формулы С.И. Губкина по волочению, прокатке, прессованию, штамповке. Им в числе прочего привнесено совершенно новое направление в теорию деформируемости металлов, позволяющее выявить интервал оптимальных температур при горячей обработке и влияние горячей обработки на технологическую наследственность. Значительный вклад внес С.И. Губкин и в математическую теорию пластичности, считающуюся теперь реперной моделью общей теории пластичности, и в том числе в ее физико-химическое направление, в части расширения представлений о напряженном и деформированном состоянии тел при конечных пластических деформациях, сопровождающихся физико-химическими эффектами. Большое значение для развития теории деформаций и ее обобщений получили предложенные Сергеем Ивановичем механические схемы деформации, которые систематизировали и облегчили анализ пластического изменения формы тел с учетом исчерпания ресурса пластичности. Он показал, что во многих случаях можно обойтись осреднением — методом «двух показателей».

Свою научную деятельность Сергей Иванович всегда связывал с решением актуальных произ-

водственных задач. С.И.Губкин подготовил большое количество квалифицированных научных работников. Под его руководством защитили кандидатские и докторские диссертации более 70 человек. Являясь крупным ученым, Сергей Иванович Губкин одновременно был талантливым педагогом и заслуженно пользовался уважением и любовью своих учеников. Был требовательным и к ним, и, прежде всего, — к себе самому.

Публикацию результатов своих исследований Сергей Иванович начал в 1931 г. За 25 лет он опубликовал (частично с соавторами) свыше 150 научных работ — монографий, учебников, сборников экспериментальных работ, статей в академических журналах и других периодических и неперидических изданиях. Прежде всего отметим такие наиболее крупные работы, как «Введение в механику пластически деформируемого тела» (1931 г.) — его первая известная работа, в которой автор освещает состояние вопроса в основном по зарубежным источникам, характеризует пути развития науки в этой области и намечает свое участие в этом творчестве. Затем появляются «Пластическая деформация металлов» (1935 г.), «Ковка и штамповка цветных металлов» (1940 г.), а «Теория течения металлического вещества» становится докторской диссертацией. В этих работах полностью выявилась основная особенность творческого пути С.И. Губкина — комплексность трактовки механики напряженно-деформированного состояния с учетом сопутствующих физико-химических процессов и меняющихся условий, сопровождающих пластическое течение. В 1956 г. в Минске с соавторами была издана монография «Фотопластичность» — описание нового поляризационно-оптического метода исследования напряженно-деформированного состояния с одновременной фиксацией распределения напряжений и деформаций. Оказалось возможным использовать этот метод даже при истечении со второй космической скоростью.

Наконец, в трех томах вышла монография «Теория пластических деформаций металлов», законченная Сергеем Ивановичем в 1955 г., которая была опубликована посмертно в 1959 г., а затем повторно в 1961 г. и содержала тома: «Физико-математические основы пластической деформации» (1-й т.), «Физико-химическая теория пластичности» (2-й т.) и «Теория пластической обработки металлов» (3-й т.). Интересно, что названия всех трех томов отвечают тем направлениям исследований, которые намечались в «Введении в механику...», что свидетельствует

о том, что автор на своем пути исследований существенно не отклонялся от однажды выбранных направлений. Работа над этой монографией была начата еще в 1946 г. и окончена автором в 1955 г., но окончательную доработку удалось (в связи со скоростной кончиной автора) выполнить несколько позже. Эта работа была проделана учениками С.И. Губкина из БПИ и ФТИ АН БССР.

Для более полной характеристики серьезности результатов творчества Сергея Ивановича и тех возможностей, которые он оставил своим последователям, хочу сосредоточить внимание специалистов на его учебнике «Теория обработки металлов давлением» (1947 г.), который занимает особое положение в перечислении достижений. Именно его появление позволило в СССР открыть новую специальность подготовки инженеров «Обработка металлов давлением». Это был первый учебник такого рода в мире. Название дисциплины впоследствии трансформировалось в «Обработку материалов давлением». Это, конечно, сильная, но не главная особенность этой книги. В числе прочего там имеется небольшой параграф «Закон сдвигающего напряжения» (2 страницы из 532). Он краток: «Процесс пластической деформации происходит в кристаллическом теле только в том случае, если в этом теле действует сдвигающее напряжение определенной величины, зависящей от природы тела и от условий деформирования». Во-первых, не «условие пластичности», а «закон», не от нуля, а от предела, уровень которого определяется условиями. Следует полагать, что в общем случае эти «условия» возникают как в деформируемом теле, так и (уже другие условия) на воздействующем на деформируемое тело инструменте или в поле сжатия, и, наконец, еще раз «другие условия» возникают от контакта и взаимодействия с окружающей средой.

Такая формулировка основного закона деформационного движения и его детализация открывают «оперативный простор» развития дисциплины и в целом позволяют резко повысить культуру расчета процессов, а также развить многоступенчатую систему анализа напряженно-деформированного состояния любого интересующего нас процесса. Многоступенчатая система анализа строится с учетом закона сдвигающего напряжения и может быть представлена его исходным значением и в виде приращений за счет влияния параметров, изменяющих условия деформирования, с учетом принципа разделения по признаку реологического поведения (упругость, пластичность, упрочнение, вязкость, релаксация и т. п.).

Из всех реологических законов исходное (реперное) решение строится с привлечением идеальных моделей, в частности, идеально пластичного (оно же жестко-пластичное) тела, которое путем попутных преобразований позволяет учесть влияние всех причин изменения сопротивления деформированию.

Характеризуя информационные возможности, возникающие вследствие перехода расчетов на уровень самоорганизации как беспрецедентные, следует подчеркнуть, что обычно возникновение методологии синергетики (самоорганизации) привязывают по времени к появлению монографии Г. Хакена «Синергетика», (М., 1980), появившейся на четверть века позже публикации Сергея Ивановича Губкина, которую мы здесь обсуждаем. Можно подчеркнуть, что это новшество является действительно очень крупным научным открытием, поскольку оно в числе прочего заставит пересмотреть некоторые основы современной науки, и не только в области механики твердых деформируемых тел, но и в других областях, и в частности, в астрофизике.

За прошедший период времени после ухода Сергея Ивановича Губкина из жизни (1955 г.) в

Советском Союзе было издано учебное пособие «Теорияковки и штамповки» двумя изданиями 1983 и 1992 г. (720 стр.), подготовленное международным коллективом (15 авторов из СССР, Великобритании, Канады и Японии). Спецификой явилось то обстоятельство, что авторы разделов придерживались разных направлений в теории и методологии. Хотя такое разнообразие для учебного пособия вряд ли целесообразно, в предисловии редакторы высказали мнение о том, что такой подход «...способствует расширению кругозора читателя, выработке собственного понимания теории и творческому подходу к анализу рассматриваемых процессов». В целом этот учебник не дал новых подходов к обобщению и решению проблем механики, и в том числе обработки металлов давлением, хотя основной закон деформирования уже стал известным, во всяком случае он уже просвечивался через частокол непонимания. Несомненно, автором по крайней мере первого приближения обобщенного закона деформационного движения является Сергей Иванович Губкин.

*Составил Е.М. Макушок —
один из последних аспирантов С.И. Губкина*

УДК 621.926

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОМОЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Л.А. Сиваченко¹, Е.А. Шаройкина¹, А.Н. Хустенко¹, А.А. Шаройкина²

¹Государственное учреждение высшего профессионального образования

Белорусско-российский университет

г. Могилев, Беларусь

²БНТУ Минск, Беларусь

Ежегодно измельчению подвергаются миллионы тонн материала в различных отраслях промышленности. Все эти материалы существенно отличаются друг от друга по своим физико-механическим свойствам: прочности, абразивности, твердости, влажности и др. К конечному продукту, зачастую, предъявляют очень жесткие требования по качеству, содержанию в нем необходимой фракции, усреднению, отсутствию инородных включений. Свойства исходного материала, требования к конечному продукту по дисперсности, в конечном счете, и определяют выбор технологии и конструкции мельниц для тонкого измельчения. Все существующие отечественные и зарубежные агрегаты для измельчения используют следующие основные способы измельчения: раздавливание, удар, истирание, излом, раскалывание, резание, взрыв и различные сочетания этих способов [1, 2, 3, 8].

Вне зависимости от физико-механических свойств, начальных и конечных размеров измельчаемого материала, основные требования, предъявляемые к помольному агрегату, следующие [1, 2, 3, 8]:

- максимально возможная производительность;
- минимальная энерго- и материалоемкость;
- возможно меньшая стоимость и простота в обслуживании;
- низкие эксплуатационные расходы;
- высокая эксплуатационная надежность;
- возможность управления качеством конечного продукта во время его работы;
- минимальная стоимость оборудования.

Нет такой мельницы, которая удовлетворяла бы всем требованиям и, как правило, при каком-

либо существенном преимуществе перед другой машиной имеет ряд недостатков. Поэтому и проводятся работы, направленные на усовершенствование конструкций существующих помольных агрегатов, позволяющие улучшить их технические характеристики, повысить надежность, снизить стоимость и затраты на обслуживание [1, 2].

История исследований процесса измельчения, начиная с работ П. Риттенгера, состоит из постоянного совершенствования теории, методов и конструкции измельчителей. Основными помольными агрегатами для помола цементного клинкера и добавок во всем мире являются шаровые мельницы. Ежегодное производство цемента в мире составляет более 2,5 млрд т. Удельный расход энергии при производстве цемента по мокрому способу составляет 100–115 кВт·ч/т, при этом около 30 % затрачивается на помол сырья, 40 % — на помол клинкера. При обжиге с применением твердого топлива — 5 % на помол угля. Таким образом, в целом на помол затрачивается до 70–75 % всей электроэнергии, расходуемой на производство цемента [4].

Тем не менее, несмотря на свой более чем 100-летний период развития и значительные достижения в технологии шарового измельчения, достигнутый уровень энерго- и металлозатрат остается высоким. Все это означает, что совершенствование конструкции шаровых мельниц и выбор рациональных схем их работы является весьма актуальной проблемой и в настоящее время.

Благодаря простоте конструкции, высокой надежности и возможности легко регулировать степень измельчения, шаровые барабанные мельни-

цы активно использовались сто лет назад в производстве различных материалов. И хотя патенту на изобретение шаровой барабанной мельницы классической конструкции уже более 180 лет, инженерно-технические решения, реализованные в ней, остаются актуальными и в наше время — большая часть сыпучих материалов перемалывается именно на шаровых барабанных мельницах.

В энциклопедии промышленных знаний «Промышленность и техника» за 1896 г. представлена шаровая мельница, используемая в стекольном производстве для измельчения кварцевого песка.

В настоящее время шаровые барабанные мельницы широко используются в производстве цемента, гипса, извести для нужд строительной индустрии, в металлургической и горно-обогатительной промышленности, а также в производстве некоторых видов строительных материалов. Данный тип мельницы отличает простота и надежность, чем, прежде всего, и объясняется их широкое распространение. Однако им присущи и существенные недостатки. Основными недостатками шаровых мельниц являются: относительно большой намол металла на тонну полученного продукта. Так, в среднем при мокром помоле кварцевого песка расход металла на тонну измельченного материала в среднем составляет 3–4 кг, а при сухом помоле 1,5–2,5 кг. По причине абразивного износа мелющих тел через каждые 150–200 ч работы мельницы производится их догрузка. Полную замену мелющих тел обычно осуществляют уже через 1800–2000 ч работы мельницы. Также существенным недостатком мельниц является малая интенсивность воздействия мелющих тел на обрабатываемый материал, что вынуждает значительно увеличивать время помола для получения материала заданных гранулометрических характеристик. Для компенсации относительно слабого ударного и истирающего воздействия мелющих тел на обрабатываемый материал и соответственно повышения практической производительности шаровых барабанных мельниц приходится увеличивать объем барабана, что приводит к значительному увеличению материалоемкости и энергонагруженности оборудования. К тому же необходимо учитывать, что даже при значительном увеличении объема барабана и соответственно габаритных размеров мельницы, коэффициент заполнения мелющими телами обычно не превышает 0,35–0,40.

Одним из факторов, сдерживающих распространение этих мельниц, является низкий их КПД

по самым разным источникам [1] колеблющийся в пределах 0,5–2,0 %. Поэтому исследователям необходимо уделять внимание вопросам повышения эффективности работы шаровых мельниц.

Одним из самых распространенных способов разрушения материалов в мельницах является раздавливание. В последние годы стали динамично развиваться мельницы, в основу которых положен принцип раздавливания — валковые, роliko-маятниковые, горизонтальные и пресс-валковые измельчители.

Преимущества этого метода заключаются в том, что в зоне измельчения создаются высокие нагрузки, достигающие, в зависимости от типа-размера мельницы десятков и даже сотен тонн, вследствие чего наблюдается снижение удельного расхода энергии до 30–40 % по сравнению с традиционными шаровыми мельницами.

Переход на рыночную систему управления экономикой требует от предприятий более эффективного использования существующего помольного парка, повышения его производительности и соответственно уменьшения его количества. Таким образом, в настоящее время существует проблема создания новых либо совершенствования существующих помольных агрегатов, работающих в замкнутом цикле измельчения, обладающих производительностью 270–300 т/ч продукта заданного гранулометрического состава, который в большей степени и предопределяет свойства вяжущего.

Интерес, проявляемый различными исследователями к вертикальным мельницам, несмотря на достаточно длительное время их эксплуатации, остается довольно значительным. Не прекращается поиск оптимальной конструкции мельницы в направлении увеличения ее размеров. Самая крупная вертикальная мельница типа LM-63.4 спроектирована и изготовлена фирмой Loesche (Германия) для фирмы Siam Cement Corporation Thung (Корея) с размером размоленной тарели 6,3 м. Она снабжена четырьмя валками диаметром 3,0 м; частота вращения — 22 об./мин; мощность главного привода — 4100 кВт. Производительность данной мельницы обеспечивает сырьем вращающуюся печь производительностью 7500 т клинкера в сутки (800 т/ч). Однако капитальные затраты на установку вертикальных мельниц более чем вдвое выше, чем на установку шаровой мельницы той же производительности [19].

Фирма Polysius (Германия) разработала вертикальную мельницу Quadropol для печного агрегата производительностью 10000 т клинкера в

сутки производительностью 850 т/ч при потребляемой мощности привода 6000 кВт с размером размольной тарели 6,1 м и четырьмя размольными валками внутри [18].

Если при измельчении сырья вертикальные мельницы находят все большее применение, то информация о применимости их для размола более трудно размалываемых материалов, в частности клинкера, весьма противоречива.

Одни исследователи отмечают, что самым слабым местом в конструкции вертикальных мельниц являются тяжело нагруженные подшипниковые опоры, которые часто выводят из строя мельницы [15].

В других исследованиях о применении вертикальных мельниц для размола клинкера однозначно установлено: в связи с большими капитальными вложениями и повышенным износом рабочих органов вертикальные мельницы целесообразно применять только для размола клинкеров низкой и средней прочности [11, 12]. При этом отмечается, что при высокой концентрации пыли (до 100 г/м³) и высокими скоростями аспирационного воздуха (до 70 м/с) имеет место не только высокий абразивный износ рабочих органов мельницы, но и ротора сепаратора [11, 12].

Корпорация ИИ (Япония) смонтировала первую промышленную установку вертикальной мельницы на Osaka Cement's Kohchi Plant (Япония) на место традиционной шаровой мельницы мощностью 3700 кВт. После 10 000 ч непрерывной работы без серьезных технических проблем производительность была увеличена более чем на 40 % и снижен удельный расход электроэнергии на 19 %. Эта установка работала перед шаровой мельницей. Преимущества данной вертикальной мельницы — отсутствие собственно сепаратора, удобство контроля, долговечность сферических валков, планетарный привод стола.

Изменения в конструкции шаровой мельницы в этой системе такие:

- в связи с уменьшением размера кусков питания происходит уменьшение в первой камере шаров с диаметра 90 до 40 мм;

- по этой же причине уменьшение во второй камере шаров с диаметра 60 до 20 мм;

- в связи с увеличением гидравлического сопротивления системы выполнена замена вентилятора сепаратора на более высоконапорный.

Производительность системы после модернизации возросла со 105 до 150 т/ч при удельной поверхности 3200 см²/т, удельный расход электроэнергии снизился с 43 до 35 кВт·ч/т [20].

Самой последней разработкой в теории и технике валкового измельчения стала разработка фирмы Loesche технологической схемы измельчения 3 + 3. В такой схеме один валок (меньший) готовит материал, а другой оказывает на него механическое воздействие, тем самым дробя его. Разработанная фирмой вертикальная мельница LM-56.3+3 обеспечивает, по данным разработчиков, производительность по сырью до 860 т/ч, полностью обеспечивая тем самым печной агрегат производительностью 10 000 т/сут. клинкера сырьевыми компонентами. Данная мельница адаптируется для измельчения цементного клинкера с производительностью до 300 т/ч [19]. В стадии технологической отладки находится самая большая вертикальная мельница этой фирмы LM-69.6 с размером размольной тарели 6,9 м с шестью размольными валками, которая способна работать с еще разрабатываемыми печными агрегатами производительностью до 12 500 т клинкера в сутки. В результате исследований, проведенных в Германии, установлено: вертикальная мельница может быть использована для предварительного измельчения клинкера перед тонким помолом в трубной мельнице, капитальные вложения на сооружение 2-валковой мельницы на 25 % выше, чем шаровой, а удельный расход энергии ниже на 10–20 %. Аналогичный вывод сделан в работах.

Следует отметить, что зарубежные авторы в своих выводах противоречат друг другу: в одних работах [13, 14] указывается, что вертикальные мельницы при помоле клинкера работают хуже, чем шаровые, а в других работах [21] — наоборот. Так, в работах [21] вертикальную мельницу рекомендуется использовать только на первой стадии помола, причем в валковую мельницу должен подаваться клинкер размером менее 20 мм.

Таким образом, из приведенного анализа [21] следует, что вертикальные мельницы применяются чаще всего для измельчения сырьевых компонентов. Из-за высокого абразивного износа и малой часовой производительности эти мельницы для помола клинкера не рекомендуются.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что вертикальные мельницы, использующие принцип раздавливания, могут быть применимы для измельчения сырьевых материалов. Для окончательного помола цемента они не могут применяться вследствие существенного износа рабочих органов мельницы и сепаратора. Однако они могут быть применены при грубом помолу клинкера и использованы в технологической линии перед трубными мельницами. Причем в этом случае

в вертикальную мельницу должен подаваться клинкер размером менее 20 мм, предварительно дробленный, что, конечно, усложняет технологию производства цемента.

В последние десятилетия получили развитие пресс-валковые измельчители, которые при больших усилиях сжатия валков (до 350 МПа) могут измельчать прочные материалы, как, например, известняк, цементный клинкер с меньшими энергозатратами, чем обычные шаровые мельницы.

Компания KHD Humboldt Wedag AG (Германия) предлагает прессы с размалывающим усилием от 2 до 32 МН с валками диаметром от 1 до 2,6 м при этом самый крупный имеет мощность 3000 кВт [9].

Фирмой CLE (Франция) совместно с Cement Lafarge (Франция) проведены сравнительные испытания пресс-валкового измельчителя, работающего в замкнутом цикле с сепаратором O-SEPA и с тем же пресс-валковым измельчителем, работающем в рецикле с шаровой мельницей и сепаратором O-SEPA. После широкомасштабных исследований установлено, что совмещение пресс-валкового измельчителя и шаровой мельницы целесообразно экономически и при этом достигается увеличение производительности с 38 до 55 т/ч [196].

В США установка пресс-валкового измельчителя размером 1220×760 мм перед помолом в четырех шаровых мельницах 2,6×12,0 м позволила снизить крупность питания мельниц с 25 до 2 мм, увеличить производительность помольного комплекса на 26 % и снизить удельный расход энергии на 15 %. О каких-либо технических и эксплуатационных проблемах автор не упоминает [10].

Имеется информация о гранулометрическом составе материала, обработанного под давлением 200–350 МПа пресс-валковым измельчителем с размером валков 1,4×0,66 м. При удельном расходе энергии 2–4 кВт·ч/т, пропорционально создаваемому давлению после пресс-валкового измельчителя, в мельницу подается материал от 33 до 43 % меньше 100 мкм, более 55 % продукта менее 1 мм и примерно 10 % частиц более 6 мм, а остальные более 10 мм.

После того, как в конце 80-х – начале 90-х XX в. наблюдался рост производства пресс-валковых измельчителей, в настоящее время наблюдается снижение спроса на эти измельчители. Объясняется это сложностью их конструкции, зачастую низкой эксплуатационной надежностью и нестабильностью в работе, что уменьшило их поставки на рынок в последние годы до 5–10 шт. в год.

При этом пресс-валковые измельчители не всегда пригодны для окончательного измельчения, особенно цемента высокой дисперсности, из-за узкого гранулометрического распределения продуктов измельчения, что зачастую приводит к повышенному водопотреблению [16] и, как правило, снижению прочности готовых изделий.

Но все — и эксплуатационники, и исследователи — едины во мнении, что при повышении эксплуатационной надежности, снижении стоимости и упрощении конструкции пресс-валковые измельчители могут реализовать свой технический потенциал и, обладая рядом преимуществ, таких, как высокая производительность, низкий удельный расход энергии, занимают небольшое пространство, производят мало шума, могут быть представлены на рынке более полно. Более того, мировая тенденция к увеличению объемов производства клинкера до 10 000 т/сут. и более будет стимулировать спрос на эти агрегаты, так как комбинированный процесс измельчения с использованием пресс-валковых измельчителей и статических сепараторов позволяет повышать производительность шаровой мельницы (по утверждению авторов) в 2,0–2,5 раза. Применение их при помоле клинкера в гибридных схемах на стадии грубого помола экономически более оправдано, чем применение валковых, либо роlikо-маятниковых мельниц.

Другим видом оборудования, применяемым для тонкого помола материалов, являются вибрационные мельницы. Простая кинематическая схема вибромельниц обуславливает их высокую эксплуатационную надежность. Приоритетное развитие вибромельницы получили в бывшем СССР. Известен своими разработками в области виброизмельчительного оборудования опытный завод со специальным бюро ВНИИкровли (Москва), в течение ряда лет выпускавший типоразмерный ряд мельниц СВМ. Крупнейшая из них СВМ 320 с объемом помольной камеры 700 дм³, числом камер, равным 2, мощностью привода 315 кВт и производительностью до 5 т/ч. При использовании этих мельниц для измельчения клинкера получены худшие результаты по сравнению с работой трубных мельниц, а именно: малая часовая производительность — до 5,0 т/ч; высокий удельный расход электроэнергии, составляющий 60–80 кВт·ч/т; необходимость предварительного дробления материала до размера не более 5 мм, необходимость охлаждения этих мельниц при измельчении, вследствие чего данные мельницы не могут быть применены для крупнотоннажного по-

мола клинкера. Другим существенным недостатком этих мельниц является очень узкий зерновой состав полученного цемента, что в конечном итоге снижает качество конечного продукта.

В конце 90-х гг. прошлого века на рынке помольной техники появилась разработка французской фирмы Group FIVES-LILLE Hogomill (horizontal roller mill) для измельчения цементного клинкера. В основу работы мельницы положен принцип раздавливания внутри цилиндрического корпуса, вращающегося со скоростью 4,0–4,2 м/с (в 1,5 раза больше критической) вращающийся дробящий ролик. Благодаря центробежной силе, измельчаемый материал прижимается к внутренней поверхности цилиндра, формируя при этом однородный слой, затягиваемый в щель между цилиндром и валком, где и происходит измельчение. В сравнении с шаровыми мельницами эти мельницы занимают значительно меньше места, бесшумны, при помоле дают меньшую температуру готового продукта. При производительности 100 т/ч в мельнице одномоментно находится не более 3 т материала, а в контуре мельница – элеватор – сепаратор — не более 20 т измельчаемого материала. Во Вьетнаме две мельницы Hogomill 4000, подключенные к одному динамическому сепаратору, позволяют получать 240 т/ч пуццоланового цемента.

В последние годы отмечена активность исследований в поисках размольного оборудования для тонкого и сверхтонкого помола при низком расходе энергии.

Фирма The Japan Tower Co Ltd (Япония) разработала JTM помольную систему для измельчения шлака, цементного клинкера и рядового цемента до удельной поверхности 8000 см²/г и выше [17].

Успешные испытания установки привели к тому, что эта установка была смонтирована на заводе Nittetsu Cement Co Ltd и Denki Kagaki Kogyo Co Ltd. За время работы достигнуты следующие показатели: в сравнении с трубными мельницами может быть достигнут меньший расход энергии; при замкнутом цикле до удельной поверхности 8000 см²/г и выше тонкость помола такова: почти все частицы меньше 10 мкм, и около 10 % меньше 1 мкм. Температура готового продукта только на 30–40 °С выше температуры окружающей среды. При этом авторы упоминают о сложностях со стабилизацией режима воздушного потока, что требует сложной электронной и пневматической аппаратуры, а также вызывают у них опасения за надежность рабочих узлов и предохранительной футеровки, что, в конечном счете, склоняет чашу весов в пользу применения шаровых мельниц.

Проведенный анализ состояния техники измельчения и конструкций помольных агрегатов для производства цемента позволяет сделать вывод о том, что несмотря на ряд преимуществ, заложенных в конструкции конкретных измельчителей, ни один из них не может быть с достаточной эффективностью применен для помола цементного клинкера.

В связи с этим нами предложен новый вид машин для помола цементного клинкера [7]. В основе его положен механизм стержневого измельчения путем воздействия на частицы материала вибрационных звеньев определенного сечения (круглого, прямоугольного и т. д.). Данный тип машин позволяет уменьшить массу мелющих тел, что приводит к уменьшению мощности и естественно к удешевлению энергоемкости процесса измельчения и помола.

Литература

1. Акунов, В.И. Современное состояние и тенденции совершенствования молотковых дробилок и мельниц / В.И. Акунов // Строительные и дорожные машины. — 1995. — № 1. — С. 11–13.
2. Акунов, В.И. Струйные мельницы / В.И. Акунов. — 2-е изд. — М.: Машиностроение, 1967. — 257 с.
3. Андреев, С.Е. Наивыгоднейшее число оборотов шаровой мельницы / С.Е. Андреев // Горный журнал. — 1954. — № 10. — С. 44–49.
4. Богданов, В.С. Основные процессы в производстве строительных материалов / В.С. Богданов, Н.П. Семикопенко, А.С. Ильин. — Белгород: БГТУ, 2008. — 551 с.
5. Пироцкий, В.З. Технологическая оптимизация процесса измельчения и свойства цементов / В.З. Пироцкий. — М.: НИИЦемент, 1989. — Вып. 98. — Ч. II. — С. 174–178.
6. Хардер, Й. Развитие одноэтапных процессов измельчения в цементной промышленности / Й. Хардер // Цемент. Известь. Гипс. — 2006. — № 1. — С. 24–38.
7. Шаройкина, Е.А. Вибрационные рессорно-стержневые мельницы / Е.А. Шаройкина, Л.А. Сиваченко // Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал «Инженер-механик». — 2009. — № 2(43). — С. 32–35.
8. Шарапов, Р.Р. Шаровые мельницы замкнутого цикла: монография / Р.Р. Шарапов. — Белгород: БГТУ, 2008. — 270 с.

9. Штрассер, З. Современное состояние технологии помола от фирмы KHD Humboldt Wedag AG. / З. Штрассер // Цемент и его применение. — 2002. — № 1. — С. 27–30.
10. Kohan William, J. North American roll crusher installation documents increased ball mill efficiency / J. Kohan William // Pit and Quarry. — 1980. — № 10. — P. 21–22.
11. Krufger, W. Evaluation of crushing and grinding system for three different types of raw material / W. Krufger // The New cement and. technology conference. Anateim, California, May 21–24, 1984. — New York, 1984. — P. 1–21.
12. Loesche, E. Experience with roller mill on abrasive materials / E. Loesche, Guenter // Thrieeb Cement Ind. Techn. cont., Vancouver, May 23–27, 1982. — New York, 1982. — P. 1–15.
13. Mathieu, E.U. Erste versucherkebnisse zur vermahlung von Zement klinker aut pendelmuhlen / E.U. Mathieu // Zement. Kalk. Gips. — 1983. — Vol. 36. — № 2. — P. 62–64.
14. Musialik, M. Kierunki rozwoju techniki miellenia w przemyśle cementowym / M. Musialik // Cement, wapno, gips. — 1980. — № 11. — P. 304–307.
15. Reusoh, H. Energiespared zerrleinern in Gutbett – Walzenmuh-len. / H. Reusoh // Kugellagen-Z.-S. — № 233. — P. 20–29.
16. Stroiber, W. Comminution Technology and Energy consumption. Part 1 / W. Stroiber // Cement International. — 2003. — № 2. — P. 44–52.
17. Tanaka, T. The JTM fine grinding system / T. Tanaka // World Cement. — 1989. — Mi 11. — P. 387–391.
18. The new Quadropol from Polysius / International cement review. — 2000. — № 1. — P. 48.
19. The world's largest roller mills / International cement review. — 2000. — № 1. — P. 43–44.
20. Toshiro, Takei. IHI P/G system for clinker grinding / Takei Toshiro // World Cement. — 1990. — № 10. — P. 455–458.
21. Verch, H. Zementmahlung in einer Walmiihle mit ausserem materialum-lauf / H. Verch, Y. Vhlmarn, F. Feiqe // 13 Szilikatipes Szilikattud. kon-femzij Budapest, 1–5 JUN, 1981 / Budapest, 1981. — P. 330–336.

УДК 621.926

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОМОЛА КЛИНКЕРА И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ

¹Сиваченко Л.А., ¹Шаройкина Е.А., ¹Гарафонов А.А., ¹Кулешов М.И., ²Сиваченко Т.Л.

¹Белорусско-Российский университет г. Могилев

²Белгородский государственный технологический ун-т им. В.Г. Шухова

Помол клинкера при производстве цемента по затратам энергии уступает только его обжигу. На эти цели расходуется 30–40 кВт·ч/т электро-энергии, а процесс осуществляется в чрезвычайно энергоемких металлоемких и дорогостоящих мельницах шаровых и валковых [1, 2]. Функциональная уникальность этих машин проверена десятилетиями и сомнений не вызывает. Однако эти гениальные изобретения полноценно отработали свою историческую роль и через определенное время должны быть заменены на более современные.

Не претендуя на полноту решения настоящей проблемы, покажем некоторые варианты набора цепей усовершенствованного оборудования для помола клинкера. Попытки создания принципиально новых помольных агрегатов предпринимались много раз. Но до сих пор реального успеха не имели [1, 3, 4]. Последние годы на рынок цементных мельниц активно продвигаются агрегаты валкового типа, однако явных преимуществ по сравнению с шаровыми они не имеют. В такой острой конкурентной борьбе неизбежно появление новых технических решений. Свои взгляды

по совершенствованию техники и технологии помола клинкера мы представляем ниже.

Прежде, чем их изложить, отметим, что шаровая мельница вследствие своей технологической уникальности и надежности реально проработает в промышленности еще одно десятилетие и при этом будет развиваться по ряду направлений: замкнутый цикл, предизмельчение, внутримельничные устройства, мелющие загрузки, ПАВ, аспирация, эксергетическое управление и др.

Эволюция помольной техники со всей определенностью показывает [1, 3, 4], что, во-первых, из всего многообразия способов разрушения твердых тел пока реальной альтернативы механическому нет; во-вторых, не вызывает сомнений тот факт, что достигнуть требуемой степени измельчения в одном аппарате практически невозможно, а это предполагает вариативность, т. е. многообразие различных способов воздействия на материал, что можно выполнить только в нескольких по своему исполнению технологических машинах.

Последнее положение реально воплощено в технологических схемах помола клинкера по замкнутому циклу или с использованием предизмельчителей — валковых, ударных, конусно-инерционных. Принципиальные схемы осуществления этих положений представлены на рис. 1, 2.

Выделение измельченной части продукта из рабочего пространства и перенос стадии грубого помола в предизмельчитель дает эффект энергосбережения 15–25 % и в целом проблему не решает, но главное — не использует потенциальные возможности механизмов разрушения [1]. Так, созданный по решению ЦК КПСС в 1985 г. МНТК «Механобр» в программных документах реально оценивал резервы снижения энергозатрат на дезинтеграторные переделы в циклах рудоподготовки, в том числе тонкий помол в 3–5 раз и металлоемкость в 6–8 раз [1]. Очевидно, что эти показатели могут быть перенесены и на цементное производство, тем более с учетом прочности измельчаемых рудных материалов, которые, как правило, выше прочности клинкера.

Дисперсный состав клинкера для большинства цементных заводов характеризуется примерно следующими значениями: более 50 мм — 0 %, 30–50 мм — 7–20 %, 30–5 мм — 50–70 %, 5,0–2,5 мм — 10–20 %, 40–2,5 мм — 5–15 %. Эти данные нами использованы при выборе аппара-

ратов при помоле клинкера. В их состав включены дробилки ударного действия с вертикальным ротором, пружинные грохоты, рессорно-стержневые и штифтовые мельницы [4, 5].

Рассмотрим варианты построения схем помола с использованием этих аппаратов. Первый представляет собой помольный комплекс на основе дробилки ударного действия с вертикальным ротором и шаровой мельницей (рис. 3).

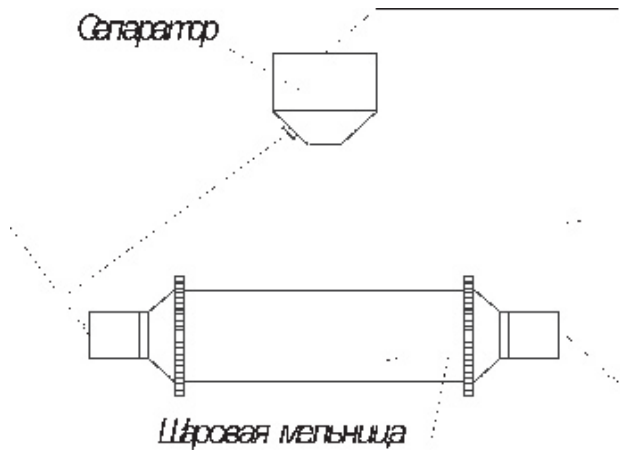


Рис. 1. Работа шаровой мельницы в замкнутом цикле

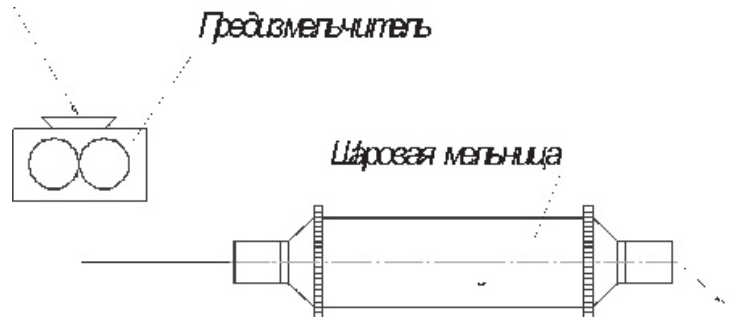


Рис. 2. Работа шаровой мельницы с предизмельчителем

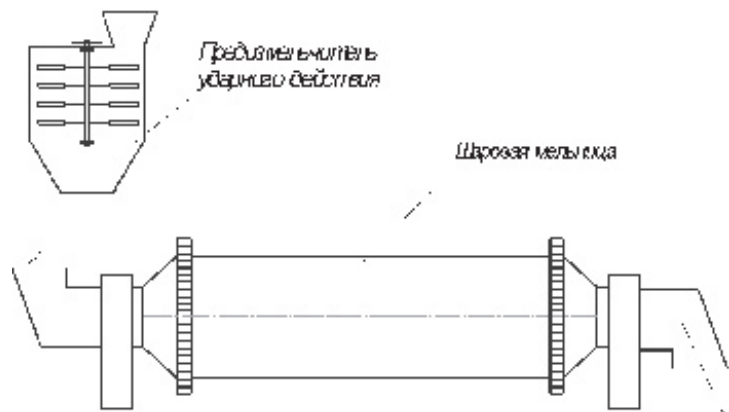


Рис. 3. Помольный комплекс на основе ударного предизмельчителя и шаровой мельницы

Использование предизмельчителя ударного действия с вертикальным ротором с 8 рядами ударных элементов, имеющих линейную скорость 55–58 м/с, позволяет за один проход получать продукт, содержащий 30–50 % класса –0,08 мм и не более 5–6 % класса +1 мм, а после его измельчения в шаровой мельнице получать цемент с удельной поверхностью 5000–5200 см²/г. При производительности такого комплекса 50 т/ч мощность ударного предизмельчителя составляет 140–150 кВт. Пока, к сожалению, наработка по износу такого предизмельчителя недостаточна, но здесь просматривается простое решение — уменьшить частоту вращения ротора, снизив линейную скорость до 30–38 м/с, тем более, что такая высокая дисперсность цемента подавляемому большинству потребителей не требуется. Использование ударного предизмельчителя позволяет на 25–30 % повысить производительность комплекса, уменьшить энергоемкость помола на 20–25 % или получать цемент других потребительских свойств, например, быстротвердеющий.

Принципиально другой подход использован при разработке помола клинкера по схеме, представленной на рис. 4. В этом варианте шаровая мельница сама является предизмельчителем, а для окончательной доводки материала до нужного дисперсного состояния используется штифтовая мельница. Принцип ее действия заключается в том, что разрушение материала производится торцовыми поверхностями стержней, собранных в пакеты и связанных с приводом ударно-вибрационного действия. В сравнении с другими аппаратами аналогичного назначения, штифтовая мельница обеспечивает повышенное количество воздействий на измельчаемый материал при минимальных энергоемкости и металлоемкости.

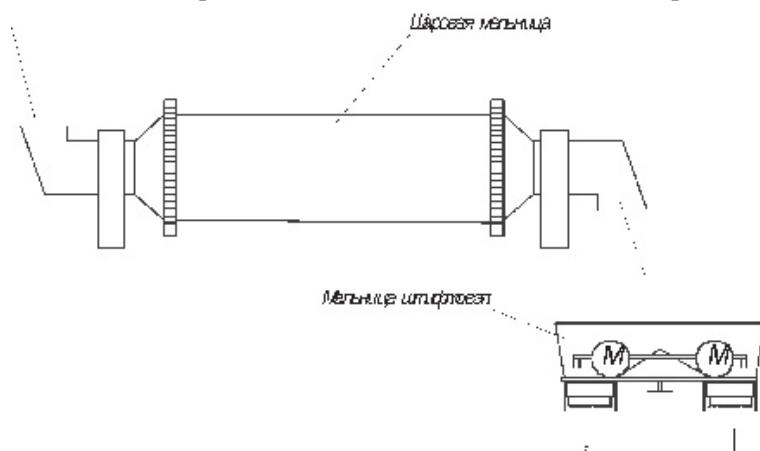


Рис. 4. Работа шаровой мельницы с домальвателем штифтового типа

За счет этого предполагается увеличить производительность по проходу шаровой мельницы в 1,5–2,0 раза, а энергоемкость помола снизить до 18–20 кВт·ч/т.

С целью интенсификации процесса стадии грубого помола клинкера нами разработан новый измельчительный агрегат — рессорно-стержневая мельница. Принцип ее работы заключается в том, что рабочие органы выполнены в виде дугообразно изогнутых стержней или рессор, установленных параллельными рядами с определенным зазором между их смежными поверхностями, причем нижний ряд неподвижен, а верхний смещен в плане и связан с приводом ударно-вибрационного действия [5].

Предварительные испытания рессорно-стержневой мельницы при переработке цементного клинкера показали, что она обеспечивает эффективное измельчение частиц исходной крупностью 0–30 мм до полного выхода продукта мельче 2 мм.

Принимая во внимание тот факт, что определенная часть клинкера, достигающая 20 % крупнее 30 мм, представляется возможным изменение технологии помола. Предлагается в цепь оборудования включить вибрационный пружинный грохот дробилку ударного действия [4]. В этом случае выделенная на грохоте крупная фракция 30–50 мм направляется на дробление в дробилку, мелкая фракция — 0–2 мм направляется на финишный помол, а средняя 2–30 мм подвергается обработке в рессорно-стержневой мельнице. Весь клинкер окончательно домальвывается в шаровой мельнице. Технологическая схема реализации такого помола приведена на рис. 5.

Наиболее перспективным с позиций энергоэффективности является комплект оборудования, представленный на рис. 6. Главное отличие состоит в отказе от шаровой мельницы и замене ее штифтовым измельчителем.

Сопоставительный анализ технологических схем помола клинкера дает основание считать, что с энерго-технологической точки зрения из числа предлагаемых нами новых вариантов наиболее простой для реализации является помол с использованием после шаровой мельницы штифтового измельчителя (рис. 4). В этом случае на основании предварительных расчетов ожидается снижение суммарных энергозатрат на 40–50 %, т. е. доведение удельного расхода электроэнергии до 18–20 кВт·ч/т. Предпочтительным яв-

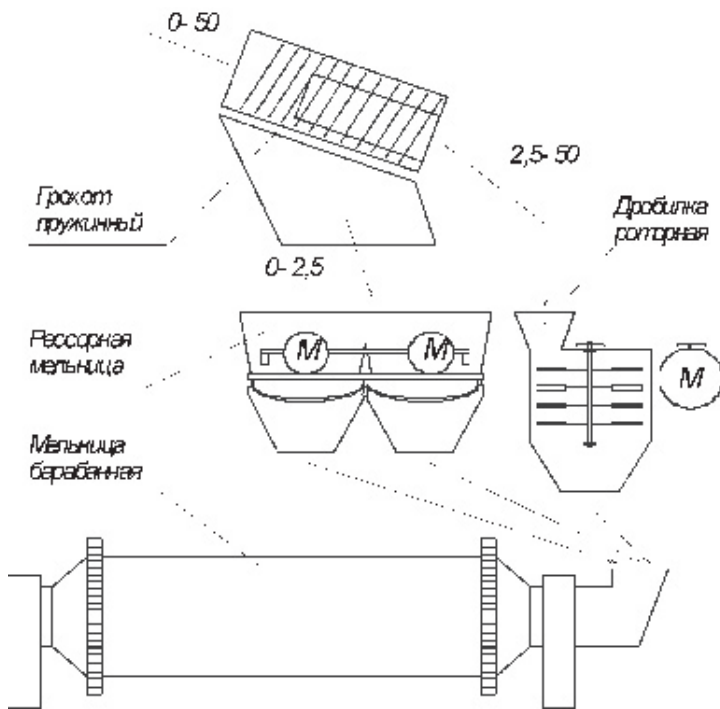


Рис. 5. Помол клинкера с рациональным предизмельчителем

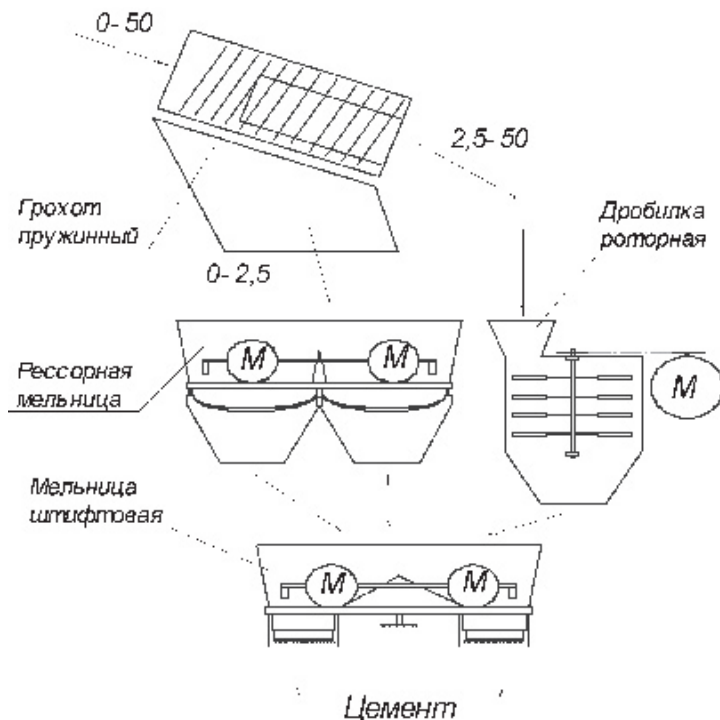


Рис. 6. Помол клинкера без шаровой мельницы

ляется режим работы шаровой мельницы с производительностью выше номинальной в 2 и более раз. Желательный размер частиц после шаровой мельницы — менее 1 мм.

Наиболее перспективна для энергосбережения схема, представленная на рис. 6. При ее реализации предполагается, что энергоемкость процесса помола может быть снижена до 10–12 кВт·ч/т.

Ежегодное производство цемента в мире составляет 2,3 млрд т [6], что примерно соответствует такому же объему помола клинкера и добавок. Для Белоруссии эта величина в ближайшее годы достигнет 9 млрд т, что при энергоемкости помола порядка 40 кВт·ч/т приведет к годовым затратам электроэнергии около 350 млн кВт·ч. Если к этому добавить помол сырья перед обжигом, то эта величина превысит 500 млн кВт·ч. Потенциал энергосбережения здесь огромен.

Предложенные выше варианты снижения энергозатрат при помоле клинкера имеют своей целью ознакомить научно-техническую общественность с возможными вариантами решения этой проблемы.

Литература

1. Селективное разрушение минералов / В.И. Ревнивцев [и др.]. — М.: Недра, 1988. — 286 с.
2. Богданов, В.С. Шаровые барабанные мельницы / В.С. Богданов. — Белгород, 2002. — 258 с.
3. Технологические проблемы измельчения и механоактивации: матер. Междунар. науч.-техн. семинара. — Могилев, 2003. — 278 с.
4. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.]. — Минск: БГУ, 2008. — 375 с.
5. Сиваченко, Л.А. Создание рессорно-стержневых аппаратов на основе интенсификации контактных взаимодействий их рабочих элементов / Л.А. Сиваченко, А.Б. Моисеенко, Е.А. Шаройкина // *Материалы, технологии, инструменты*. — Гомель, 2009. — Т. 14; № 3. — С. 115–119.
6. Витязь, П.А. Высокие технологии и наноматериалы в строительной индустрии / П.А. Витязь, В.Г. Горобцов // *Строительная наука и техника*. — Минск, 2009. — № 6. — С. 4–16.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ КРАН СО СЪЕМНЫМ ПРОТИВОВЕСОМ

Матвеенко В.И.

Белорусско-Российский университет

Основным преимуществом автомобильных кранов является высокая мобильность, что делает их незаменимыми при выполнении различных работ по подъему и перемещению грузов на рассредоточенных объектах. В целях улучшения грузовой характеристики крана (увеличение грузоподъемности, вылета) они оборудуются противовесом, размещаемым в задней части поворотной платформы. Однако применение таких постоянных противовесов увеличивает массу крана, что снижает его мобильность, особенно из-за ограничения нагрузки на ось в летний период времени. Дополнительная динамическая нагрузка от противовеса при передвижении крана по дорогам с неровностями передается непосредственно на опорно-поворотное устройство, что снижает его надежность и долговечность.

Для устранения отмеченных недостатков автомобильные краны целесообразно оборудовать съемным противовесом. На рис. 1 и 2 представлен такой автомобильный кран.

В передней части неповоротной рамы 1 предусмотрена площадка 2 для установки противовеса 3, оборудованная подъемным гидроцилиндром 4. В задней части поворотной платформы 5 предусмотрена противовесная консоль 6. Платформа 5 и рама 1 соединены между собой опорно-поворотным устройством 7. Противовес 3 и противовесная консоль 6 оборудованы взаимным сцепным устройством, содержащим внутренние направляющие 8 и захватные проушины с пальцами 9, смонтированные на противовесе 3. На противовесной консоли 6 прикреплены поперечные балки 10 с наружными направляющими 11 и с шарнирно смонтированными крюками 12 со скошенной нижней частью и двуплечими рычагами 13. Тильные части крюков 12 пружинами растяжения 14 соединены с вертикальными плечами рычагов 13. В верхней части балки 10 предусмотрена серьга 15 с пальцем 16. Расстояние от оси

вращения поворотной платформы 5 до центра тяжести противовеса 3, установленного на площадке 2 и до сцепного устройства на противовесной консоли 6 одинаково и не менее минимального вылета крюка крана.

Автомобильный крана работает следующим образом. По прибытии на объект крана выставляется на выносные опоры как показано на рис. 1. Поворотная платформа разворачивается на 180° и включается подъемный гидроцилиндр 4, который приподнимает противовес 3. Вертикальная ось гидроцилиндра 4 совпадает с центром тяжести противовеса 3. При подъеме противовеса 3 (рис. 3) пальцы 9 захватных проушин воздействуют на нижние скошенные части крюков 12 и поворачивают их навстречу друг другу, поджимая пружины 14. После прохождения пальцев 9 носика крюков 12 под действием собственной силы тяжести и поджатых пружин 14 крюки занимают вертикальное положение обеспечивая сцепление противовесной консоли 6 с противовесом 3. Гидроцилиндр 4 после этого включается на опускание. Таким образом, противовес 3 навешивается на противовесную консоль 6 автоматически.

В случае доставки противовеса 3 другим транспортным средством (из-за превышения допустимой нагрузки на ось или массы автокрана) противовес 3 самим автокраном снимается и устанавливается на площадку 2 (рис. 2).

По окончании работ поворотная платформа 5 устанавливается в положение, при котором противовес 3 располагается над площадкой 2 (рис. 1). Машинист крана приподнимает горизонтальные плечи рычагов 13 и фиксирует их в поднятом положении пальцем 16, как показано на рис. 5. Вертикальные плечи рычагов 13 при этом растягивают пружины 14. При включении гидроцилиндра 4 и незначительного подъема противовеса 3, нагрузка на крюки 12 исчезает и они под действием растянутых пружин 14 пово-

рачиваются навстречу друг другу и освобождают противовес. Гидроцилиндр 4 включается на опускание и противовес 3 устанавливается на площадку 2. В случае превышения нагрузки на ось или самой массы автокрана противовес 3 самим краном снимается с площадки 2 и оставляется на объекте или отгружается на другое транспортное средство (рис. 2).

При следовании автокрана на объект или его перебазировке опорно-поворотное устройство 7 не испытывает дополнительной нагрузки от

противовеса 3, что позволит повысить его надежность и долговечность. Кроме того, общий центр тяжести крана с противовесом 3, установленным на площадке 2 или доставляемым другим транспортным средством, будет располагаться ниже, если бы противовес находился на противовесной консоли, что обеспечивает повышение устойчивости крана в транспортном положении. Съемные противовесы могут иметь гораздо большую массу по сравнению с постоянными, что позволит существенно улучшить грузовую характеристику крана.

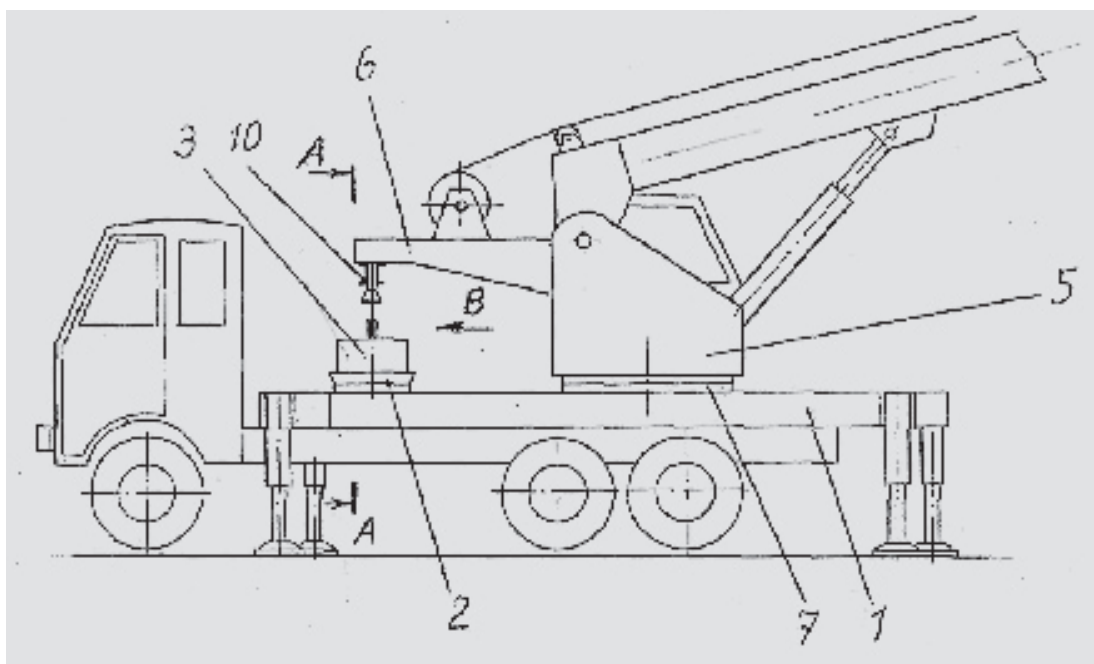
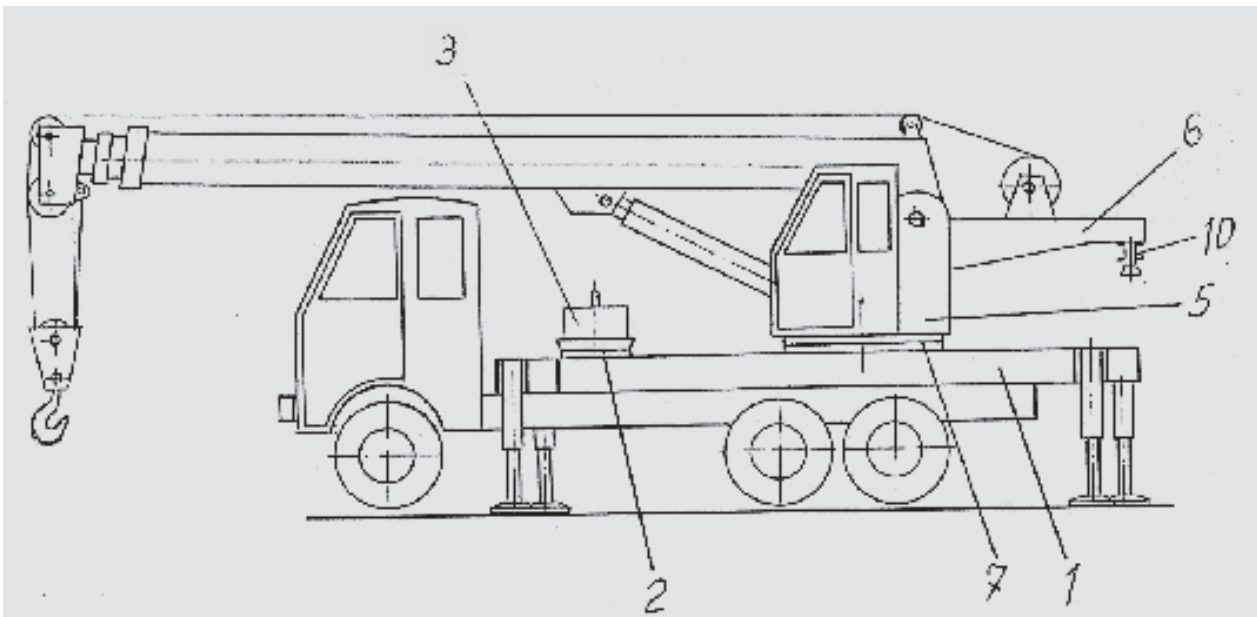


Рис. 1. Автомобильный кран при переводе из транспортного положения в рабочем

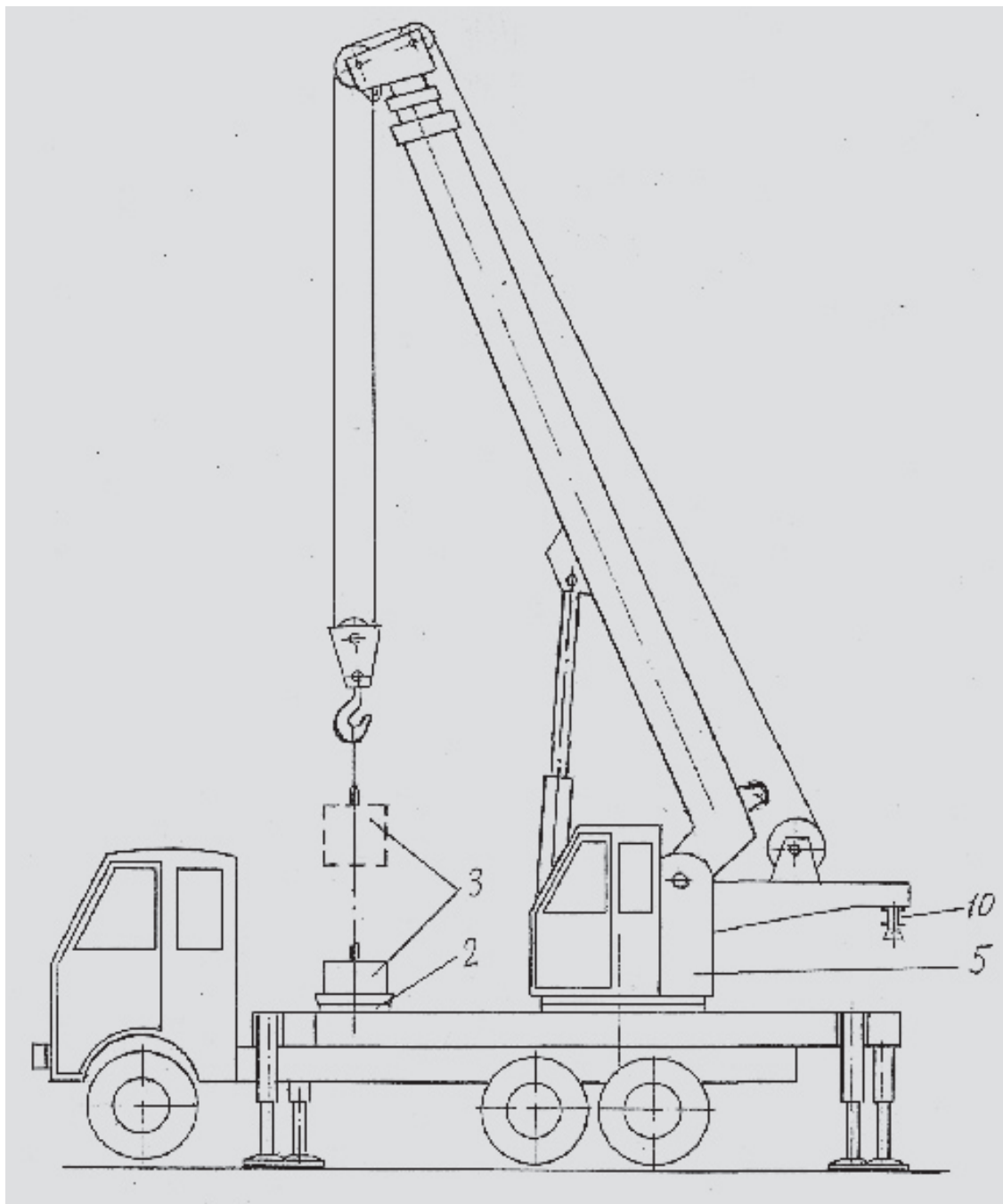


Рис. 2. Автомобильный кран при установке противовеса на неповоротную раму или отгрузке его на другое транспортное средство

Согласно предлагаемому следует дополнить следующее:

– при установке противовеса на передней части неповоротной платформы крана на расстоянии равном минимальному вылету стрелы от оси поворотной платформы, грузоподъемность крана увеличивается соответственно создаваемому грузо-

вому моменту зависящему от массы противовеса.

При массе противовеса равного 1–2 т и более необходим проверочный расчет на возможное изменение характеристик грузовой лебедки, стрелы, крюковой подвески, канатов, грузовысотных характеристик крана с учетом грузового момента от массы противовеса.

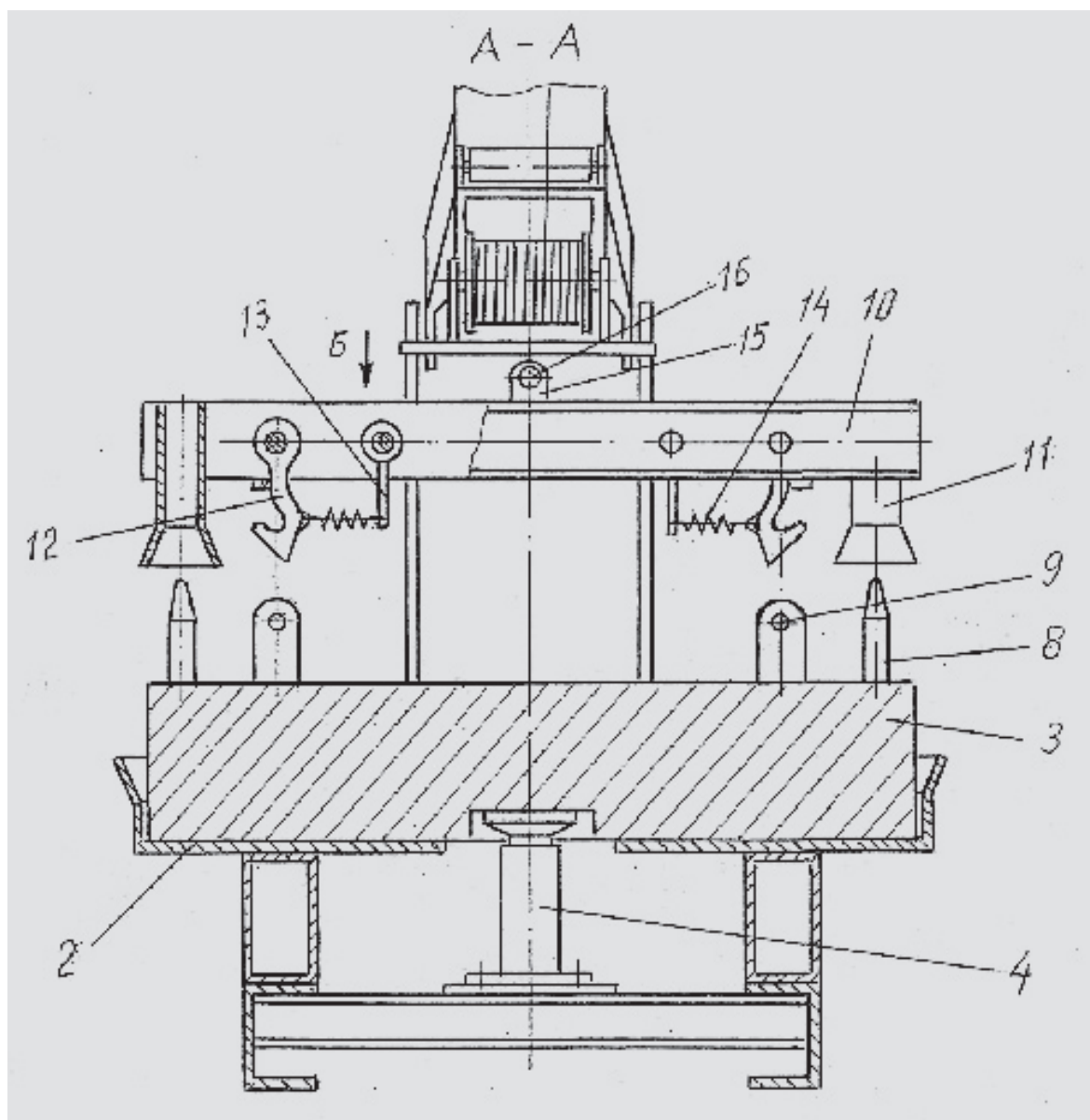


Рис. 3. Разрез по А-А на рис. 1

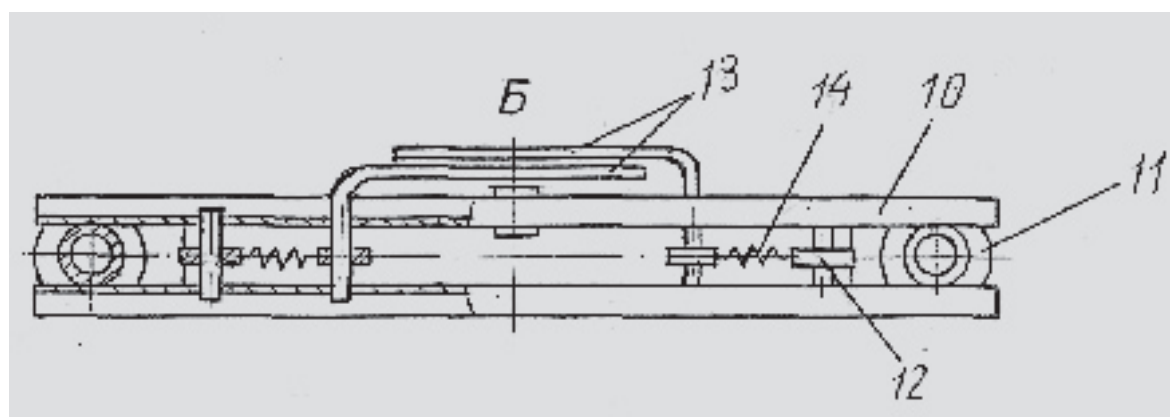


Рис. 4. Вид Б на рис. 3

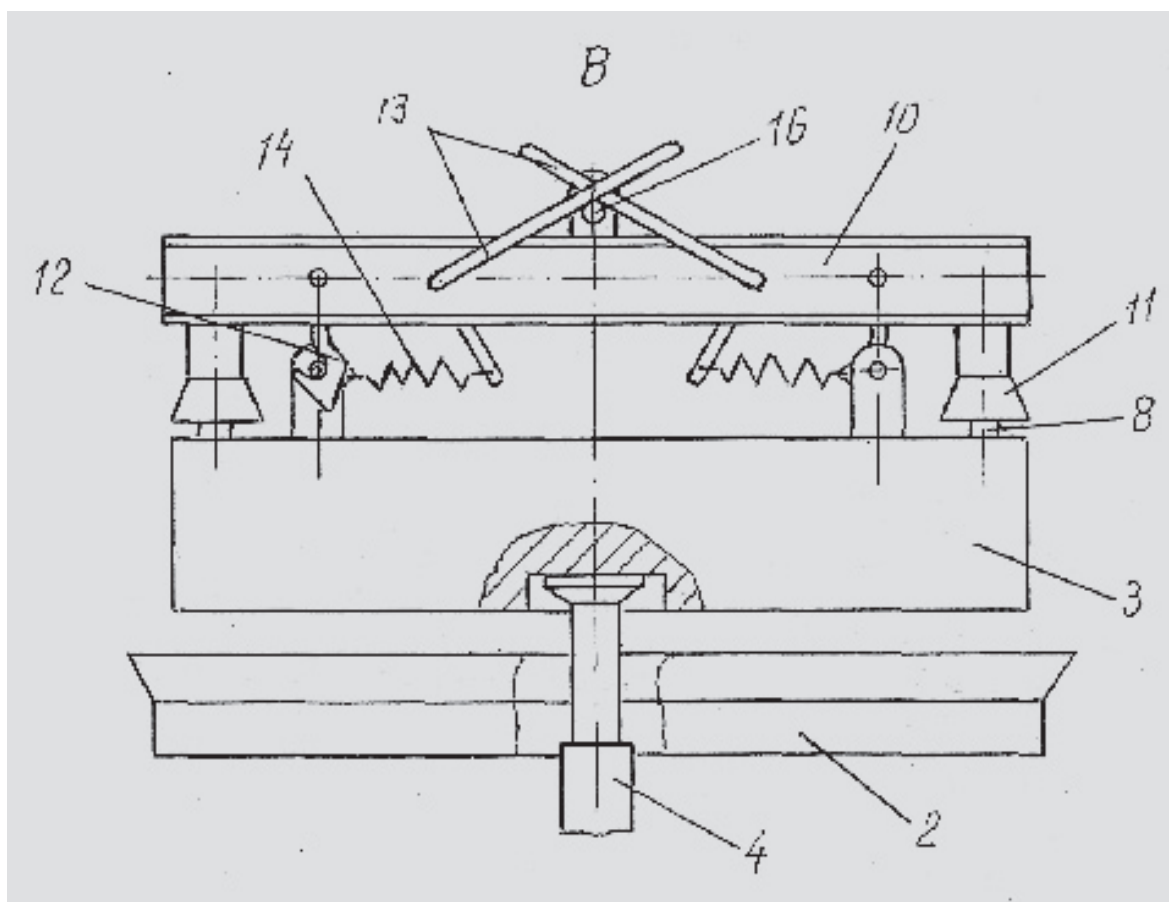


Рис.5. Вид на рис. 1 при съеме противовеса с противовесной консоли

Источники информации

1. А.С. 1133218 СССР, МКМ В66С 1/ 68 Подвеска для грузозахватных устройств / И.Е. Матюнин, В.И. Матвеевко. — Могилевский машиностроительный институт. № 3541096/29-11; заявл. 14.01.83, опубл. 07.01.85, бюл. № 2. — 3 с.:ил.

ПАТЕНТУЕМ САМИ

(продолжение, начало см. «Инженер-Механик» №№ 38, 39, 42, 45)

Павлович А.Э.

В предыдущих номерах журнала с целью оказания практической помощи читателям в области правовой охраны интеллектуальной собственности начато и продолжено освещение рубрики «Патентуем сами».

На конкретных примерах были показаны процессы патентования полезной модели и изобретения, которые являются объектами промышленной собственности — разновидностью интеллектуальной собственности.

К объектам промышленной собственности относятся также и промышленные образцы.

Ниже приводится пример в отношении составления заявочных материалов на патентование в качестве промышленного образца — внешнего вида подъемника монтажного стрелового на базе автомобиля.

В состав заявочных материалов (в состав заявки) входят изображения патентуемого объекта, описание его эргономических и эстетических свойств и заявление на патентование. Также, в течение 2 месяцев со дня подачи упомянутой заявки необходимо представить документ, подтверждающий оплату пошлин и доверенность на представителя (при необходимости).

Изображения оформляются по установленным правилам Национального центра интеллектуальной собственности Республики Беларусь и включают в себя, в обязательном порядке, изображения внешнего вида изде-

лия, а также при необходимости — чертежи этого изделия и изображения аналогов.

На рис. 1 представлена фигура ближайшего аналога, выбранного за прототип патентуемого промышленного образца.

В описании (см. выделенный в рамке пример с обозначениями А-Н информационных блоков) вначале указывается относящиеся к патентуемому промышленному международная классификация, а также название и область применения промышленного образца. Затем описываются его аналоги и их критика и ставится задача по созданию промышленного образца.

После этого перечисляются иллюстрации, поясняющие сущность внешнего вида изделия по патентуемому промышленному образцу. В нашем случае это два изображения (рис. 2 и 3), которые приводятся на отдельных листах.



Рис. 1. Фигура прототипа [2] промышленного образца

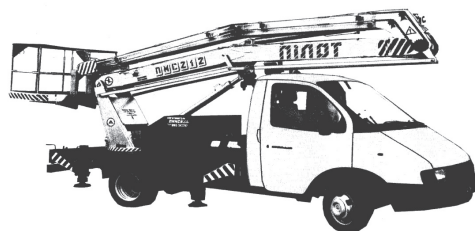


Рис. 2. Изображение общего вида патентуемого промышленного образца

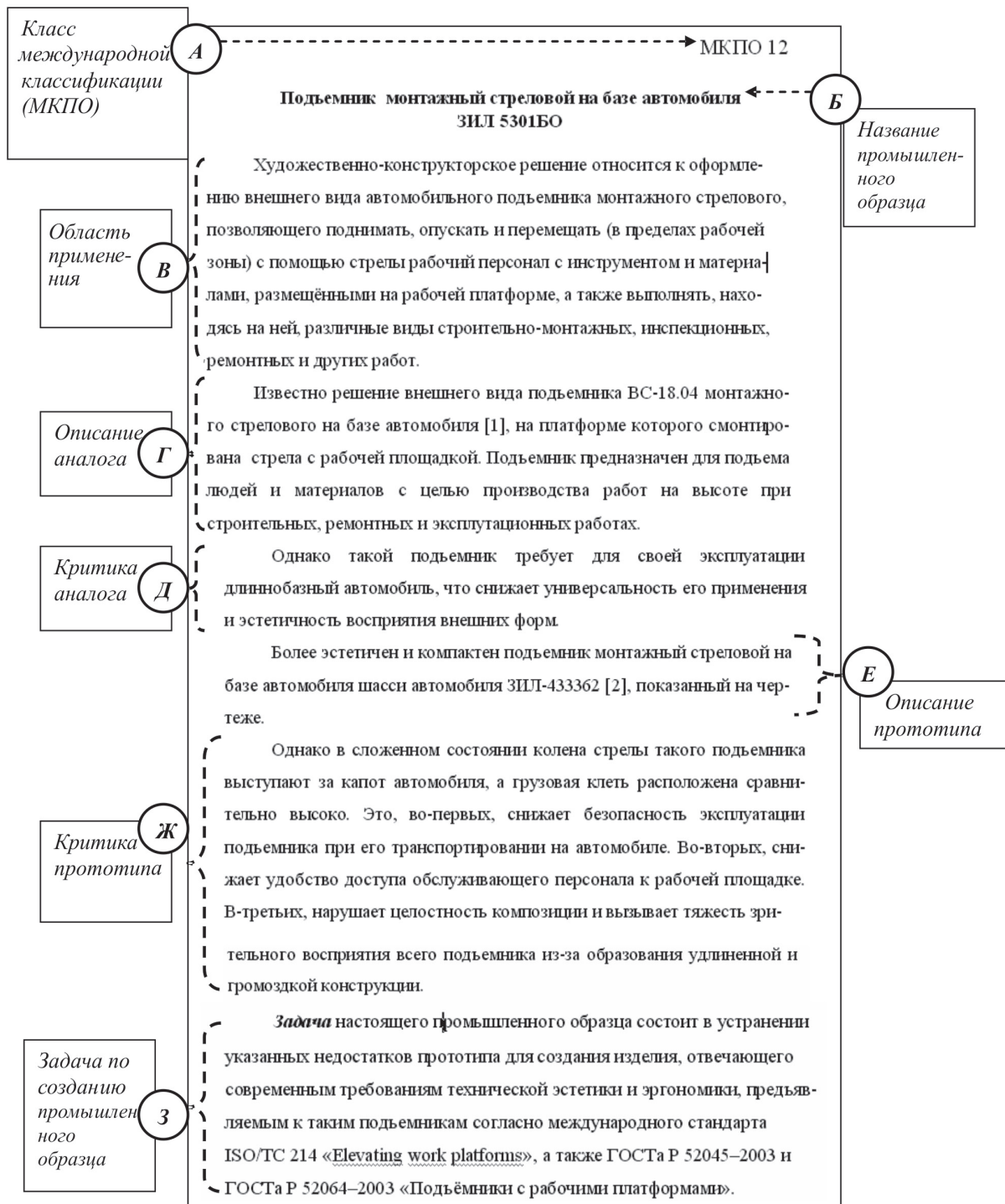


Рис. 3. Изображение вида сбоку промышленного образца с развернутой стрелой

Далее описывается сущность промышленного образца с указанием эргономических и эстетических особенностей выполнения его внешнего вида, а также, по возможности, пример применения с указанием эффекта.

Заканчивается описание библиографическими данными аналога и прототипа. Описание подписывается заявителем или его представителем.

Заявление на патентование промышленного образца аналогично заявлению на патентование полезной модели, как и процедура прохождения самой заявки в Национальном центре интеллектуальной собственности (см. пример в наших журналах №№ 42 и 45). Срок действия патента на промышленный образец — десять лет с правом продления на пять лет.



Перечень
иллюстраций

И

Заявляемое художественно-конструкторское решение представлено графическими изображениями: 1 - общий вид; 2 - вид сбоку с развернутой стрелой.

Сущность
промышленного
образца
с указанием
эргономических
и
эстетических
особенностей
выполнения
его внешнего
вида

К

Нижеприведенная сущность промышленного образца поясняет эстетические и эргономические особенности изделия.

Основные функциональные и формообразующие элементы предлагаемого внешнего вида подъемника нижеследующие.

Шарнирно-сочлененная стрела подъемника в сложенном положении напоминает согнутую руку в локте. Причем этот «локоть» не выступает за капот автомобиля ЗИЛ 5301В0. Стрела, состоит из трех секций, называемых коленами. Причем, короткое колено, соединенное шарнирно с рабочей площадкой, напоминает «кисть», которая имеют угол сгиба, равный наклону стойки подъемника. По форме это напоминают два параллельных коромысла, что позволяет уменьшить высоту подъемника в транспортном положении и придает компактность и приземистость всему устройству.

Рабочая площадка данного подъемника может перемещаться не только вверх-вниз, но вперед-назад и вправо-влево. Такое движение в стороны осуществляется за счет наличия у подъемника поворотного ос-

нования. При умелом управлении маневрами подъемника вектор направления перемещения рабочей площадки может быть любым.

Подъемник способен доставлять рабочих на высоту 18 м.

Развитая объемно-пространственная структура сложной композиции имеет целостность воспроизведения, что, в целом, облегчает восприятие зрительного образа конструкции подъемника. При этом зрительно выделяется рабочая площадка, что особенно подчеркивает важность ее функционально назначения и свободу доступа к ней.

В развернутом состоянии стрелы подъемника наблюдается некоторая воздушность конструкции.

Общая форма подъемника просто и ясно взаимодействует с пространством. Следует отметить разнообразие примененных авторами геометрических форм: от линейной формы стрелы, до плоскостных и поверхностных форм шасси и кабины автомобиля.

Связи элементов объемно-пространственной формы носят закономерный характер. Целостность формы стрелы с рабочей площадкой и несущей частью подъемника отражает органичность связи конструктивного решения с его композиционным воплощением.

К
Продолже-
ние описания
сущности
промышлен-
ного образца

Конструктивная основа, как одна из важных характеристик функционального предназначения изделия, выражает работу несущей части конструкции, характер распределения главных движений и усилий, соотношение масс, опорных реакций, организацию конструктивных материалов. Формы составляющих элементов подъемника отражают все эти особенности конструктивной основы.

Конструктивные элементы изделия объединены между собой композиционно, представляя структуру подъемника как гармоничную целостность.

Горизонтальной строй формы сложенной стрелы согласуется с горизонтальной плоскостью площадки шасси автомобиля. Это определяет в основном характер изделия, который обусловлен конструкцией, технологией и свойствами материалов.

Композиция подъемника строится на контрасте, который выражен в противопоставлении вертикальных и горизонтальных объемов, в различных типовых состояниях геометрического вида формы, в цветовом решении несущей и несомых частей.

Контрастирующие элементы сопровождаются нюансными отношениями и переходами, которые пластически обогащают форму и сохраняют гармоничную целостность.

Композиция отличается стройностью, упорядоченностью, что значительно облегчает ход трудового процесса, связанного с работой на таком подъемнике.

Для выявления композиционной выразительности используются два цвета, которые увязаны с объемно-пространственной структурой. Темным окрашена ходовая и несущая части автомобиля, что ассоциируется с надежностью и устойчивостью силового агрегата. Более светлые и теплые тона кабины автомобиля, стрелы и грузовой площадки служат мягким фоном для рабочего места оператора на грузовой площадке, что помогает создать цветовой комфорт и способствует повышению его работоспособности. Полосатые защитные штрихи кронштейнов опорных площадок, колес стрелы, основания грузовой площадки, поворотного диска образуют два симметричных ряда. Данную симметрию дополняет также «полосатость» названия «ПЛЮТ» на стреле.

Присущая композиции параллельность пространственных линий шасси автомобиля и сложенной стрелы способствует органичности и целостности конструкции подъемника.

Продолжение
описания
сущности
промышленно-
го образца

К

Торец сложенной стрелы и торец капота автомобиля расположены на одной пространственной дуге, причем первый не выступает за второй, что способствует сглаживанию острых углов при зрительном восприятии композиции и служит для повышения безопасности подъемника при его транспортировании.

Обеспечена целостность композиции и легкость зрительного восприятия всего подъемника.

Прицепной подъемник грузоподъемностью до 250 кг такой конструкции и внешнего оформления изготавливается ОАО «Пинский завод средств малой механизации» под маркой ПМ С318 «БИЗОН».

В нем, за счет описанных существенных отличий, повышена безопасность эксплуатации, улучшены эстетические и эргономические характеристики, обеспечена комфортность условий работы оператора с учетом современного дизайна.

Пример
применения
промышленно-
го образца

Л

Потребность в подъемниках по данному промышленному образцу имеется и будет расти на коммунальных и строительных работах (на малых и средних высотах). Такие изделия являются альтернативным оборудованием доступа. Эта группа оборудования заменяет традиционные лестницы и вышки-туры и предоставляет возможность безопасного проведения работ на высоте.

Описание
эффекта

М

Несомненными преимуществами этой группы оборудования являются устойчивость, маневренность, небольшие размеры (особенно ширина) и, в некоторых случаях, небольшой вес. Именно для этих целей и создается изделие по данному промышленному образцу.

Библиографи-
ческие данные
Аналога и
прототипа

Н

Источники информации:

1. Л.Н. Молоткова. Подъемники с рабочими платформами. // В журнале "Подъемно-транспортное оборудование (ПТО)" 1-2/2004, стр. 31-35.
2. Журнал "Строительная техника и технологии" №3, 2002г. Стр. 28-32 (прототип).

Заявитель:

Подпись
заявителя
(печатать –если
заявитель
юридическое
лицо)

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ

А.Э. Павлович

Сущность комбинированной системы представлена на рис 1.

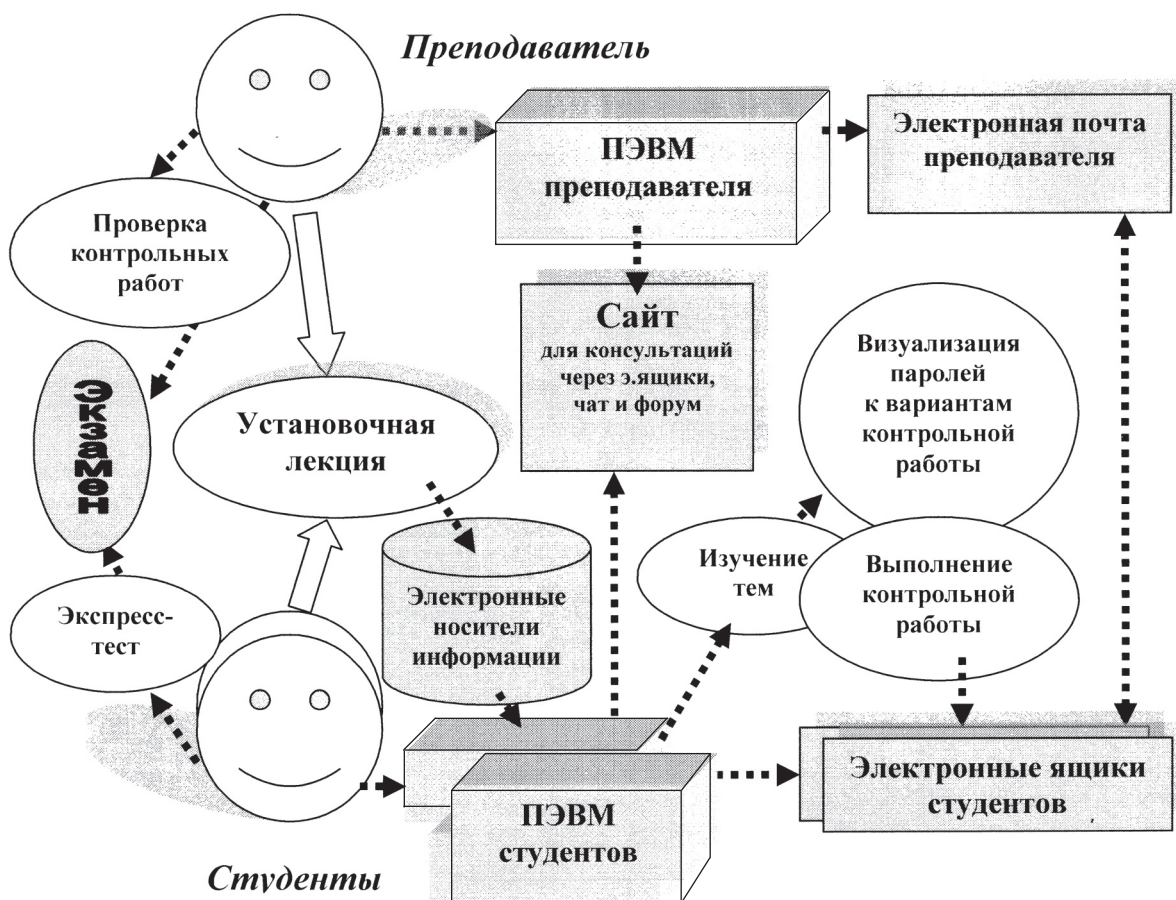


Рис. 1. Элементы комбинированной системы образования

По данной схеме студенты самостоятельно изучают полученный материал на электронных носителях, консультируясь с преподавателем и между собой через электронную почту, форум и чат сайта учебного заведения.

Проверка усвоения материала проводится с помощью контрольной работы. При этом содержание ее варианта обучающий должен визуализировать самостоятельно, введя пароль, который он получит, выполнив с положительным результатом все компьютерные тесты, тренинг умений, задания и учебную игру.

Допуск к экзамену получают по средствам выполнения экспресс-теста (30 мин), который выявит самостоятельность выполнения контрольной работы каждым обучающимся.

Содержание информации, которая выдается на установочной лекции, показана на схеме рис. 2, а фрагмент положительного результата теста с визуализацией пароля к заданию по контрольной работе для конкретного его варианта — на рис. 3.

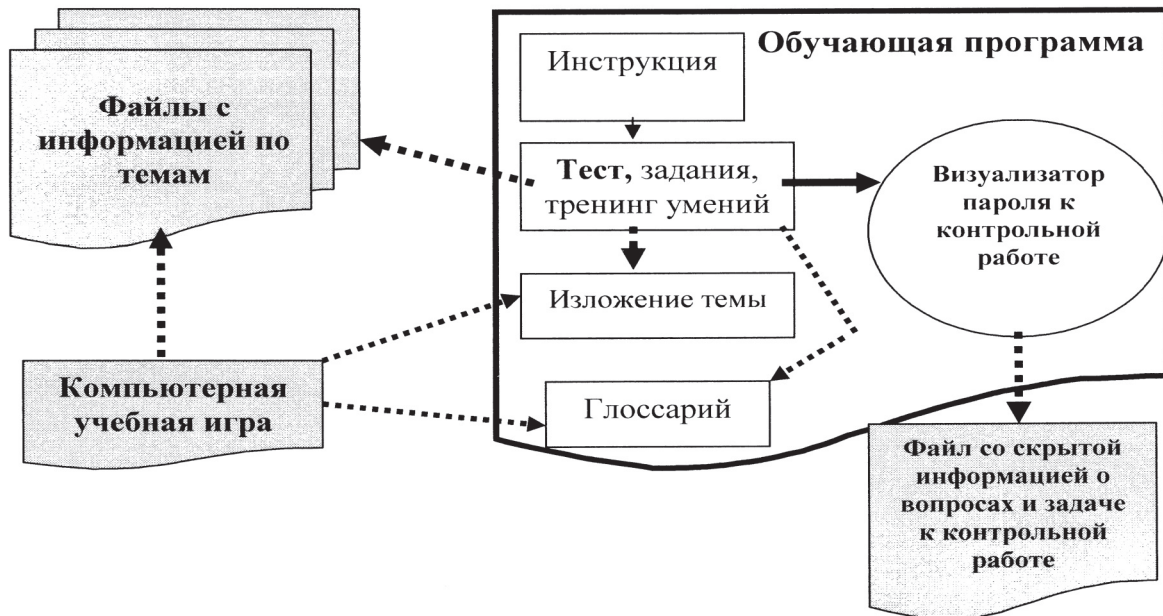


Рис. 2. Схема состава информации, выдаваемой на установочной лекции

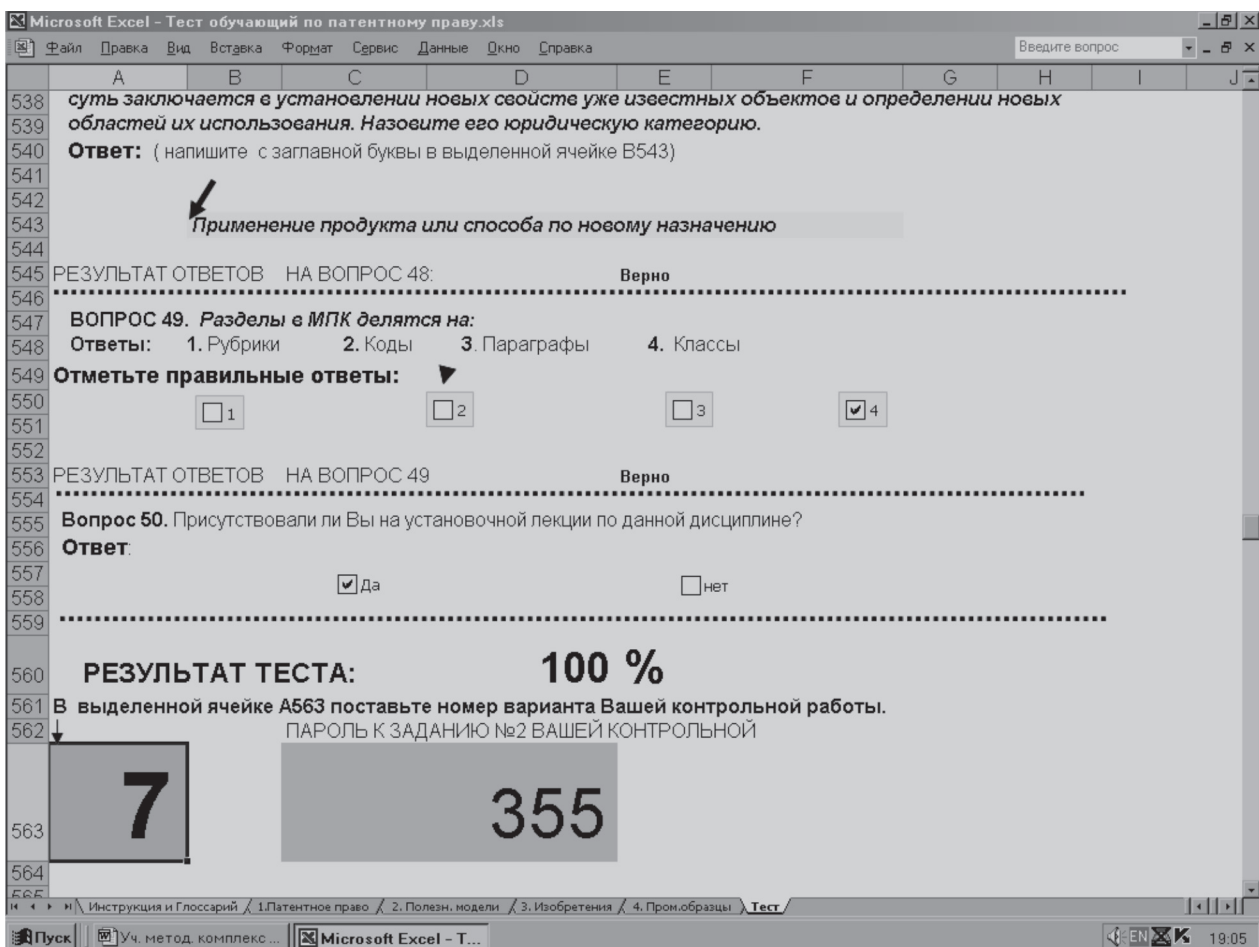


Рис. 3. Фрагмент положительного результата теста электронной обучающей программы по одной из тем с визуализацией пароля к заданию контрольной работы

Каждая электронная обучающая программа в случае отрицательного результата теста (менее 100 %) выдает подсказку к неправильным ответам со ссылкой на конкретное расположение необходимой информации в тематических файлах или в глоссарии и в изложении тем обучающей программы.

В качестве примера на рис. 4–10 разъясняется сущность изучения дисциплины «Промышленная собственность и ее правовая охрана».

На установочной лекции студент записывает электронную папку с файлами по дистанционному обучению.

На нижеприведенной копии монитора (рис. 4) представлено дерево этой папки.

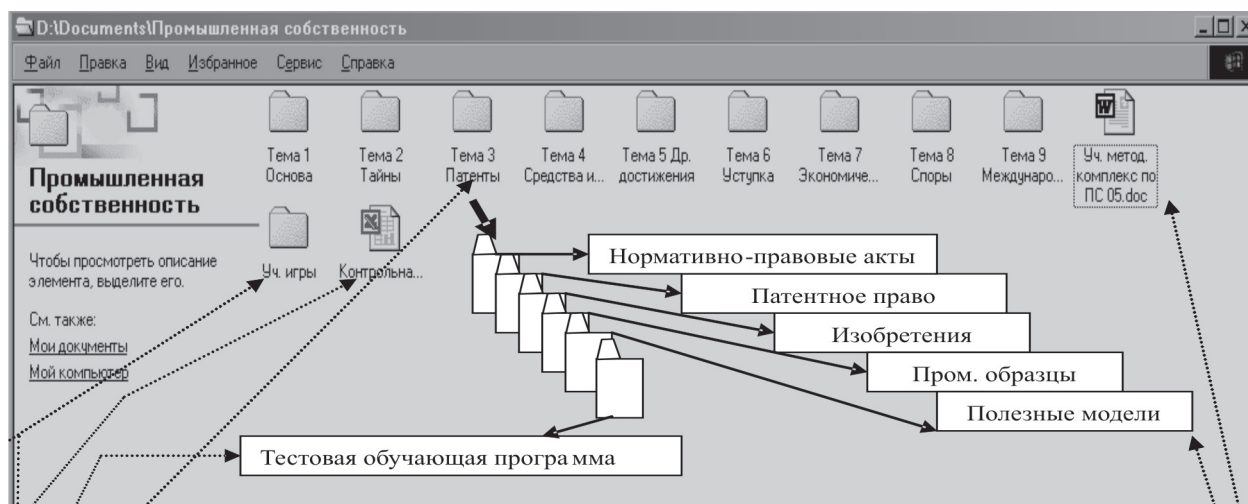


Рис. 4. Содержание электронной папки

Электронная папка «Промышленная собственность и ее правовая охрана» содержит свои папки по темам данной дисциплины. Каждая из них (как показано на примере папки «Патенты») содержит также свои папки с файлами по нормативно-правовым актам (НПА), правилами оформления заявочных материалов на патентование, примерами, передовыми статьями и др. полезными материалами для усвоения темы.

Тестовая обучающая программа содержится в каждой папке по темам дисциплины. Ее сущность поясняется на рис. 2.

Электронная папка содержит также файл «Учебно-методический комплекс по промышленной собственности», который включает в себя рабочую программу по дисциплине и краткое содержание ее тем.

В электронной папке также имеется файл «Контрольная» с обучающей программой, сущность которой раскрывается ниже на рис. 5–9.

Таким образом, обучающийся, изучая материалы файлов по каждой теме дисциплины и выполняя условие каждой тестовой обучающей программы контрольной, «добывает» себе пароль к визуализации вопросов и задачи контрольной работы в файле «Контрольная».

Закрепить термины, определения и др. понятия по дисциплине поможет учебная игра.

Добытый общий пароль складывается из 9 значений паролей по соответствующим темам. Каждый тематический пароль определяется после 100 % выполнения конкретной тестовой обучающей программы.

Продолжение в следующем номере

НАШ ОТВЕТ ЧЕМБЕРЛЕНУ, ИЛИ СТРАТЕГИЧЕСКАЯ АВИАЦИЯ СССР

Клеванец Ю.В.

(Продолжение. Начало см. в № 44–47)

Сверхзвуковой стратегический бомбардировщик Ту-160

Главный конструктор В.И. Близнюк

Это самый крупный боевой самолет в мире. Разработка его началась в ответ на работу американцев над Б-1. Так же, как и в случае с Б-1, о котором говорилось в части, посвященной американским самолетам, конструкция Ту-160 не поражает полетом фантазии проектировщиков. В литературе отмечается как положительный факт «бескомпромиссность» представителей заказчика с самого начала проектирования самолета. Однако этот положительный факт можно объяснить смертью Туполева-отца и передачей правления в фирме его сыну. Когда не стало патриарха самолетостроения, имевшего и отстаивавшего свою точку зрения по любым вопросам, появилась возможность и для бескомпромиссности заказчика.

Таким образом, у этой действительно мощной машины даже не коллектив авторов, а три коллектива: собственно КБ, ЦАГИ, который тоже стремился провести свои взгляды на облик самолета и командование ВВС. В условиях столкновения интересов конструирование как наука и искусство закономерно уходят на второй план, на первый план выдвигается политика (т. е. не политика государства, не политика в широком смысле этого слова, а политика взаимоотношений руководителей коллективов). Результат зачастую получается «ни вашим, ни нашим».

Подвести итог «общим рассуждениям» можно так: появление самолета по форме увеличенной копии Б-1 — можно считать закономерным явлением, важным свидетельством для исследования «эпохи застоя» в СССР вообще.

Облик самолета и его конструктивные особенности

Однако говорить о том, что Ту-160 — плохой, неудачный самолет, тоже нельзя: самый мощный

бомбардировщик в мире разве может быть неудачным? Просто до его появления роли в глобальных стратегических играх распределялись так: американцы, как правило, строили самолеты для доминирования над противником вообще, в СССР «подгоняли» свои машины для ответа на конкретные вызовы. Ту-160 разработан по «американским лекалам» и, как представляется, не совсем вписывается в советскую оборонительную доктрину. Между прочим, Туполев-старший, пока был жив, доказывал, что проектировать надо не ударный стратегический самолет «вообще», а сверхзвуковой ракетоносец для борьбы с морскими авианосными группировками «вероятного противника». Этим, как можно понять, он косвенно подтверждал правоту Павла Сухого с его Су-100, о котором расскажем ниже.

В литературе сообщается, что облик самолета был сформирован к 1976 г. (что там формировать, когда заведомо ясна принципиальная позиция командования ВВС: дай того же, что у американцев, но больше).

Архитектура самолета, кроме желания заказчика иметь «большой Б-1», построена на идее компромисса между целями достижения высоких скоростей полета и обеспечения наименьшей радиолокационной заметности. Так, крупные наплавные части фюзеляжа с большими радиусами скруглений передних кромок, по формам «мягко» переходящие в крыло, излишни на сверхзвуковых скоростях полета. Однако эти плавные формы, да еще и с применением слоистых пластиков, лучше рассеивают радиооблучение.

В то же время на Ту-160 не решились применить, в частности, специальное экранирование двигателей, как на Б-1Б, заметно снижающее их контрастность в радиодиапазоне, но столь же заметно уменьшающее тягу.

Самолет, как и Б-1, многорежимный: он может лететь на сверхзвуковой скорости на высоте более



10 км, но может также и огибать рельеф местности на высоте 50–100 м со скоростью 1000–1200 км/ч.

Осью, вокруг которой строился новый бомбардировщик, были двигатели НК-32, наивысшее развитие серии НК-6 – НК-144 – НК-22 – НК-25, один из немногих доведенных до серийного производства сверхзвуковых образцов ТРДДФ большой мощности в мире. Сообщается, что от НК-25, стоящих на Ту-22М3, новые двигатели визуально отличаются только расположением коробки агрегатов и креплением.

НК-32 — двигатель трехвалный, т. е. турбина его приводит в движение три ступени компрессора, каждая из ступеней сидит на отдельном валу и вращается со своей скоростью. Это сделано с целью получения максимально возможной степени сжатия. Лопатки первой ступени компрессора или вентилятор (3 ряда) изготовлены из сплава титана. Вторая ступень компрессора состоит из пяти рядов лопаток, изготовленных из высокопрочной легированной стали.

Семь рядов лопаток третьей ступени компрессора изготовлены из сплава никель – хром.

Лопатки собственно турбины представляют собой цельные кристаллы. Двигатели оснащены регулируемыми соплами.

Форсажная тяга НК-32 составляет 25 т, двигатели подвешены попарно под наплывной частью фюзеляжа в двух гондолах с одним регулируемым воздухозаборником на каждую пару. Расход топлива на максимальной скорости 1,7 кг/кгсч, на крейсерском режиме — 0,73 кг/кгсч.

НК-32 — одни из самых сложных и, по-видимому, самых совершенных образцов подобных машин в мире, однако они были приняты в эксплуатацию по советской традиции с ограничением по ресурсу. Перестроечные и постперестроечные перепетии не позволили поднять ресурс до приемлемого уровня и до сих пор. Поэтому на самолеты в эксплуатации введено ограничение по скорости — не более 2000 км/ч.

Фюзеляж самолета «несущий», поскольку конструктивно объединен с большими наплывами крыла. В середине фюзеляжа, поперек его и поперек наплывов проходит, как и в американском прототипе, большая сварная балка из кованых элементов, изготовленных из сплава титана. На балку крепятся узлы навески переставной части крыла.

Фюзеляж делится на три отсека. Носовая часть фюзеляжа начинается обтекателем РЛС, под верхней частью которого упрятан механизм дозаправки в воздухе. Далее идет кабина экипажа (всего 4 человека) с катапультируемыми креслами. Места пилотов оборудованы истребительными ручками, а не штурвалами. Сообщается, что, во-первых, давление в кабине поддерживалось на уровне, соответствующем высоте 5000 м над морем. Это не нравилось экипажам, вынужденным много часов проводить в кислородных масках. О мерах по решению этой проблемы не говорится. Во-вторых, военным не нравились кресла, типовые К-36, разработанные в КБ И. Северина. Кресла эти позволяли катапультироваться вверх, однако больше подходили для истребителей, во время длительных полетов экипаж в них уставал. Уже в эксплуатации была введена подача сжатого воздуха в подушки кресла для массажа спин экипажа. В кабине есть откидная койка, туалет и кухня. За кабиной находится отсек оборудования и ниша передней стойки шасси.

Средняя часть фюзеляжа образована двумя бомбоотсеками с проходящей между ними балкой навески крыла. Балка размерами 12,4×2,1 м имеет внутреннее и наружное подкрепление из поперечных элементов. В среднюю часть фюзеляжа входит половина несущих наплывов с внутренними баками.

Хвостовая часть фюзеляжа, как наиболее нагруженная и испытывающая мощные вибрации от двигателей, в значительной степени оформлена из трехслойных панелей из алюминиевых сплавов. Сюда же относится хвостовая половина наплывов с гондолами двигателей и подвеской основных стоек шасси. В хвостовой части расположены отсеки аппаратуры РЭБ, контейнеры тормозных парашютов.

Переставная часть крыла образована титановым кессоном, собранным из семи фрезерованных панелей длиной по 20 м. К этой силовой части крепятся предкрылки, выдвижные щелевые закрылки, качающиеся относительно двух осей элероны-закрылки, элероны. В механизацию крыла входят также, по-видимому, спойлеры (для

прижимания самолета к земле во время посадки) и интерцепторы, как на Ту-22М. В литературе есть разноречивые при описании механизации крыла, автор этой работы судит в данном случае по опубликованным фотографиям.

Поворотная часть крыла может менять стреловидность от 20 до 65°.

Оперение цельноповоротное как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, подобно самолету М-50, о котором ниже. Сообщается о применении в плоскостях оперения трехслойных обшивок.

Основные стойки шасси убираются «под себя» и оснащены шестиколесными тележками с диаметром колес 1260 мм.

Самолет вооружается крылатыми ракетами Х-55 (12 шт.) с ядерной боевой частью мощностью в 200 кТ и дальностью пуска до 3000 км (если ракета с подвесным баком) разработки Дубнинского КБ «Радуга», Гл. конструктор — И. Селезнев. Возможно применение ракет Х-15 (24 шт.) с дальностью пуска до 150 км, о которых говорилось в разделе, посвященном Ту-22М.

Взлетная масса самолета — до 275 тонн, боевая нагрузка — до 40 т, дальность до 13000 км, макс. скорость — 2230 км/ч, посадочная скорость — до 300 км/ч. Высокая посадочная скорость обусловлена очень большой массой самолета. Каким бы крупным ни было при этом крыло, как бы ни была сложна механизация, все равно удельные нагрузки, а следовательно, и скорости, будут очень велики.

История разработки и эксплуатации

По традиции два первых опытных экземпляра самолета были собраны на производстве при КБ Туполева, а затем к работе подключился Казанский авиазавод, специально модернизированный для производства супербомбардировщика.



Ту-160 в полете

Первый полет был совершен в декабре 1981 г., ко дню рождения Л.И. Брежнева. В это же время под эксплуатацию Ту-160 начал готовиться аэродром в Пилуках (Черниговская область). Как водилось в СССР, в войска бомбардировщик пошел еще до окончания испытаний. В печати отмечается энтузиазм летного состава ВВС, стремившегося перевестись в Прилуки даже с условием потери в звании.

Самолет в целом себя неплохо показывал, имел вполне «истребительные» скороподъемность (до 70 м/с) и разгонные характеристики. Еще до развала СССР экипажами испытателей было установлено 44 мировых рекорда дальности, скорости, грузоподъемности. Так, например, Ту-160 с грузом в 30 т преодолел в одном из полетов 1000 км со скоростью 1720 км/ч. Однако производство бомбардировщика натолкнулось на непреодолимое препятствие перестройки. Испытания сложнейшей конструкции, начиненной массой электроники, не были в полной мере завершены. Не закончены они и сегодня. В печати сообщалось, например, что единственный завод, поставляющий масло в гидросистему самолета, был остановлен еще в конце 1980-х гг. из-за нерентабельности, а затем и вовсе «ушел» в связи с распадом Союза в суверенный Азербайджан. Сообщалось также и о других, не менее анекдотических фактах.

К концу 1991 г. было построено всего 19 машин. Значительная часть их была сосредоточена в Прилуках и в один момент перешла под юрисдикцию Украины. Многолетние торги двух «суверенных» стран из-за фантастически дорогого, но быстро ветшающего по причине дурного обслуживания наследия СССР, достойны описания в отдельном романе.

В январе 1992 г. Б.Н. Ельцин прекратил производство самолетов, в конце этого же года возобновил. В октябре того же года был произведен первый испытательный пуск основного оружия — ракеты Х-55. В России Ту-160 пошли на вооружение частей, дислоцирующихся в Энгельсе, и ранее вооруженных самолетами ЗМ (М-4), о которых будет рассказано ниже. В условиях производства, идущего по моде последних лет — через пень-колоду — в условиях не проведенных до конца испытаний, сверхбомбардировщик не может считаться полноценной боевой машиной. Это скорее неимоверно дорогой аттракцион для шоу.

В 2007 г. в России в пригодном для полетов состоянии находились около десятка Ту-160.

Продолжение в следующих номерах

ЛИДСКИЙ ЗАМОК

Некоторые факты из истории Лиды

До начала XIV в. древнее поселение Лиды было представлено деревянной крепостью. В 1323 г. литовский князь Гедимин на этом месте построил мощную крепость из камня и кирпича. 1380 г. официально считается датой основания города. Крепость противостояла атакам Крестоносцев из Пруссии в 1392 и 1394 гг. В XVII в. замок неоднократно подвергался нападениям и повреждениям. В 1710 г. замок был сожжен до основания шведами. Замок не был восстановлен. После смерти Гедимина Литва была поделена на княжества. Лида стала столицей одного из таких княжеств, усадьбой князя Альгерда.

Лида входила в состав Великого Княжества Литовского во второй половине XIV и XV вв. Город был ремесленным и торговым центром. Лида была связана с Вильней, Новогрудком, Минском и наиболее тесно с Полоцком. В это время в городе имелся рынок и 4 улицы (Виленская, Замковая, Каменная и Кривая).

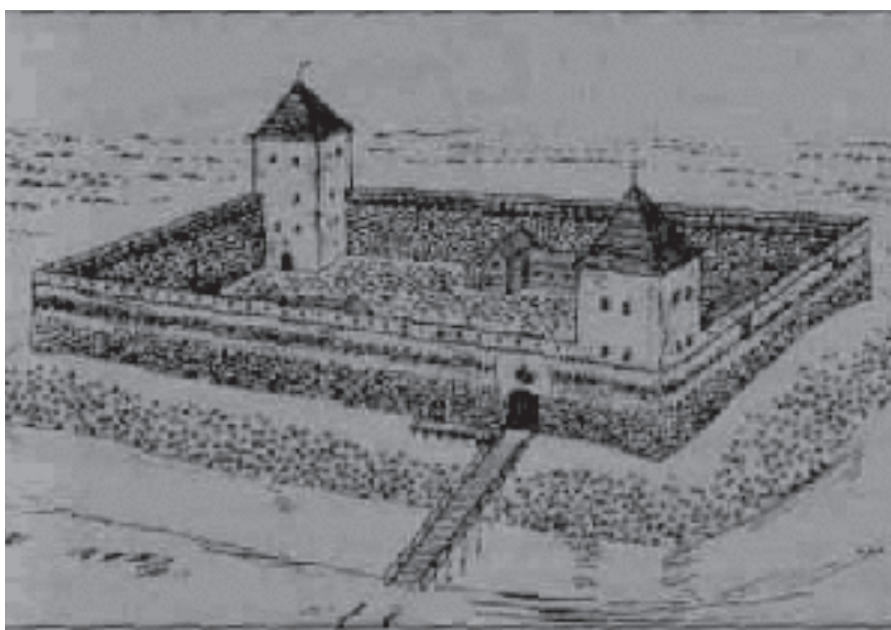
В 1588 г. Лида стала Лидским поветом Виленского воеводства. Магдебургское право Лиде было даровано относительно рано (ок. XVI в.) и затем право было подтверждено польским сеймом в 1776 г. Городу было разрешено проводить две ярмарки в год, но они имели лишь незначительное влияние на местную экономику. Население города в те времена составляло от 2000 до 5000 человек.

XVII век был тяжелым для Лиды — она оказалась втянутой в войну между Речью Посполитой, Россией и Швецией. В результате угнетенного состояния населения люди в массовом порядке начали выезжать из города. К 1786 г. в Лиде осталось только 514 жителей.

В начале 1795 г. Лида входила в состав Российской Империи. Город был сильно разрушен во время французской оккупации 1812 г. В 1871 г. в городе находилось 770 человек. В 1837 г. население составило 1366 человек в 324 домах. В 1863 и 1873 гг. в Лиде построены два пивных завода. В 1870–1880 гг. были открыты табачный, крахмальный заводы.

В 1897 г. население города составляло уже 8626 человек. 47,2 % населения было безграмотно.

Лидский замок — своеобразное военно-оборонительное сооружение XIV в. Он был возведен в те годы, когда натиск крестоносцев достиг наибольшей силы. Вместе с жемайтами, украинцами литвины мужественно сражались с врагом, которого особенно манили богатые земли Понеманья. Чтобы закрыть рыцарям доступ в глубь Великого княжества Литовского, князь Гедимин в 1323 г. приказал заложить в Лиде каменный замок. Новый боевой форпост припеманских земель возводили около 5 лет.



Противостоять натиску крестоносцев тогда могли только оборонные сооружения, при строительстве которых учитывалась тактика осады войск, вооруженных первоклассной по тому времени военной техникой. С XII по XIV в. в Северной Европе и Прибалтике распространился тип особых замков-кастелей. Основу их мощи составляли высокие каменные стены в виде четырехугольника, под защитой их находился гарнизон. Особенно много кастелей построили ливонские рыцари на захваченных землях Прибалтики. Небольшие по своим размерам, эти укрепления были базой захватчиков, пунктами сбора дани с покоренных народов, местом рыночной торговли.

Взяв за основу тип рыцарского кастеля, зодчие творчески подошли к решению сложной задачи. Исходя из местных строительных традиций, они создали мощное сооружение, которое могло надежно защитить от врагов. За его стенами отныне находили пристанище жители не только города, но и соседних селений.

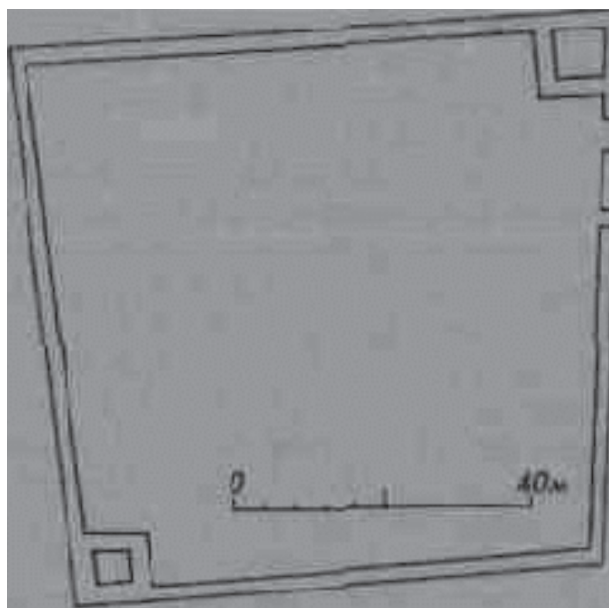
Строители удачно использовали рельеф местности, выбрав болотистую низменность, где речушка Каменка впадала в речку Лидею. На искусственном острове, насыпанном из песка и гравия, был возведен Лидский замок. Стены его в плане напоминают трапецию, большое основание ее смотрит на север, откуда чаще всего угрожала опасность. Перед северной стеной (длина ее около 93,5 м) находился глубокий широкий ров, который, видимо, наполняли водой. Северную стену (длина около 80 м) прикрывали болотистые берега Каменки и Лидеи. Длина западной и восточной стен равнялась соответственно 84 и 83,5 м.

Недалеко от северо-восточного угла замка толщю восточной стены прорезали два входа. Меньшие ворота («фортка») при ширине прохода 2,5 м и высоте 3 м имели стрельчатую арку, облицованную большемерным кирпичом. Вторые (приблизительно 4,5 м в ширину и около 6 м в высоту) завершались полуциркульной аркой. Меньшие ворота служили «черным входом». Большие открывали только для торжественного въезда князя или знатных гостей. В южной стене замка на высоте около 2 м от земли находился полуциркульный проем высотой около 3,9 м и шириной 2 м. Судя по всему, это был запасной выход для гарнизона в критические моменты обороны. Южная стена интересна также тем, что здесь до наших дней сохранились бойницы. Они бескамерные и в плане имеют форму трапеций, обращенных широким основанием внутрь замкового двора. При одинаковой высоте бойницы имели разную ширину, три их типа чередовались.

Они предназначались для стрельбы из луков и арбалетов, а позже — из легкого огнестрельного оружия. По периметру замковых стен ниже бойниц находилась деревянная галерея («вулица»), устроенная на консольных балках. На этот помост можно было подняться по лестницам с перилами, которые размещались в северо-западном и юго-восточном углах замка. Над боевой галереей была специальная крыша, имевшая скат в сторону двора.

Одновременно со стенами в юго-западном углу замка была сооружена башня, в плане близкая к квадрату размером 11,3×1,3 м. Толщина стен достигала 3 м, высота башни, очевидно, была намного выше 12-метровых замковых стен. Есть сведения, что в этой башне находилась православная церковь Св. Георгия Победоносца, которая была перенесена отсюда в город в 1533 г. Вторая башня располагалась по диагонали от первой, в северо-восточном углу замкового двора. Построена она была позже, видимо, в 80-е гг. XIV в. или на рубеже XIV и XV вв., когда в ВКЛ совершенствовались оборонительные сооружения для решительной отпора крестоносцам. План второй Лидской башни — разносторонний четырехугольник размером 12×12,5×12,3×12,15 м.

Археологические и письменные источники свидетельствуют о том, что на всех этажах Лидского замка находились покои и залы. На нижнем с кирпичным сводом была тюрьма, выше — суд и архив. Жилые помещения занимали верхние этажи. Лестница располагалась в толще стены. Всего для сооружения Лидского замка потребовалось около 23 тыс. м³ валунов, около 1,5 млн кирпичей, огромное количество извести и песка.



Замок был возведен в болотистой низменности, что во многом сняло проблему водоснабжения. В ходе археологических раскопок на территории замкового двора было найдено несколько средневековых колодцев. Большое стратегическое значение имел пруд на Лидее и Каменке, который закрывал прямые подступы с восточной и юго-восточной сторон.

За долгое время своего существования Лидский замок видел немало завоевателей. После смерти Гедимины, когда Лида стала столицей удела князя Ольгерда, а потом его сына Ягайло, между князьями начались распри за великокняжеский престол. Этим воспользовались крестоносцы. В 1384 г. после продолжительной осады и штурма они захватили замок. В декабре 1392 г. отряды рыцарей во главе с командорами Яном Румпенгаймом, Конрадом Лихтенштейнским и их союзником князем Витовтом переправились возле местечка Алитус через Неман и по скованным морозом болотам подошли к стенам Лидского замка. Вместе с ними за грабительским счастьем пришло и войско английских рыцарей, которое возглавлял молодой граф П. Нортумберлендский.

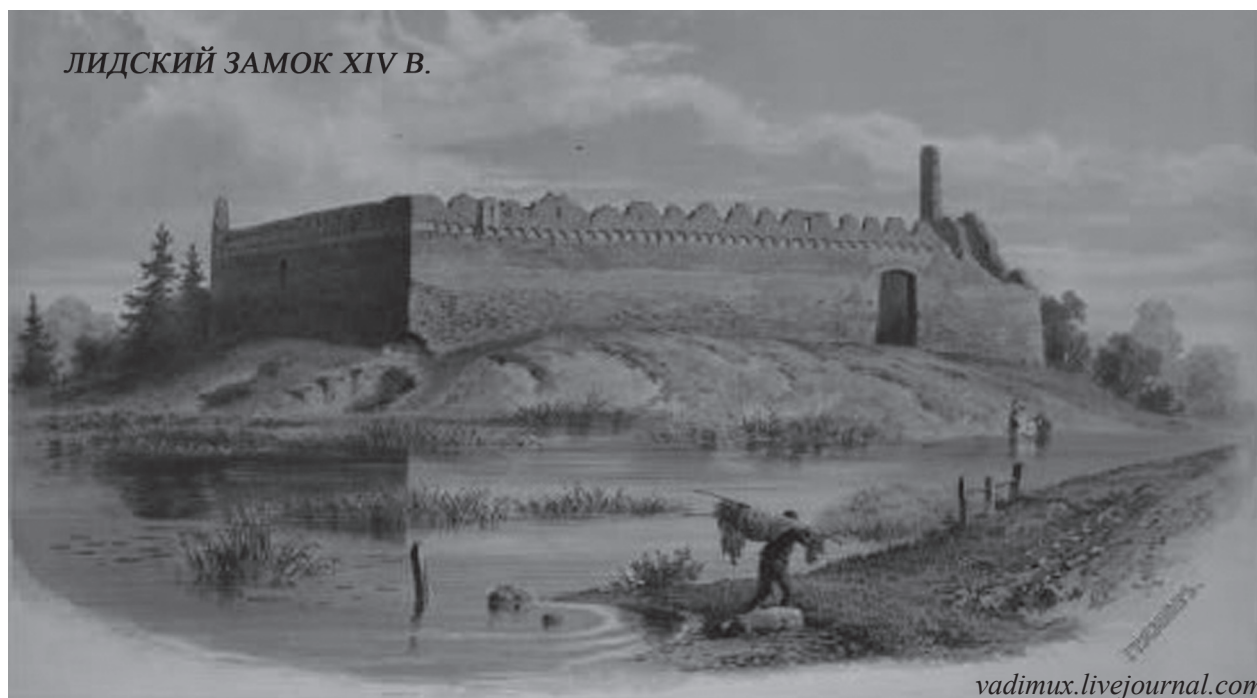
Противник ограбил город, «зажег подзамче» и осадил замок. Князь Дмитрий Корибут, который руководил обороной, имел достаточно сил, но, напуганный осадой, решил оставить замок. Дождавшись ночи, он с гарнизоном направился в сторону Новогрудка. Врагу досталось большое количество оружия.

Зимой 1394 г. крестоносцы вновь напали на Лиду. В походе приняли участие английские рыцари во главе с графом Бэдфордом, а также французский отряд. Но на этот раз захватчикам ничем не удалось поживиться. Жители сожгли свои дома и, закрывшись в замке, мужественно отражали все вражеские штурмы.

С 1396 по 1399 г. в Лидском замке жил изгнанный из Золотой Орды хан Тохтамыш. Князь Витовт дал ему здесь пристанище, надеясь помочь вернуть трон, а затем использовать Тохтамыша в борьбе против Московского княжества. Однако в битве на Ворскле дружины Витовта были уничтожены войсками соперника хана.

5 августа 1406 г. под стенами Лиды появились отряды смоленского князя Юрия Святославовича. Он шел выручать из неволи свою семью, которую годом ранее Витовт полонил, захватив Смоленск. После нескольких неудачных штурмов смоляне сняли осаду. Не поддался замок и князю Свидригайло (1433 г.), который вел долгую войну с Жигимонтом. С 1434 по 1443 г. замок стал прибежищем для еще одного изгнанника — хана Довлет-Хаджи Гирея. Правда, его судьба оказалась более счастливой, чем Тохтамыша: при поддержке Великого княжества Литовского он стал ханом перекопских татар. После долгого затишья в 1506 г. под стенами Лиды появился один из загонов крымских татар, однако рискнуть на штурм замка враг не решился.

*По материалам интернет-источников
www.lida.by*



ЛИДСКИЙ ЗАМОК XIV В.

vadimux.livejournal.com