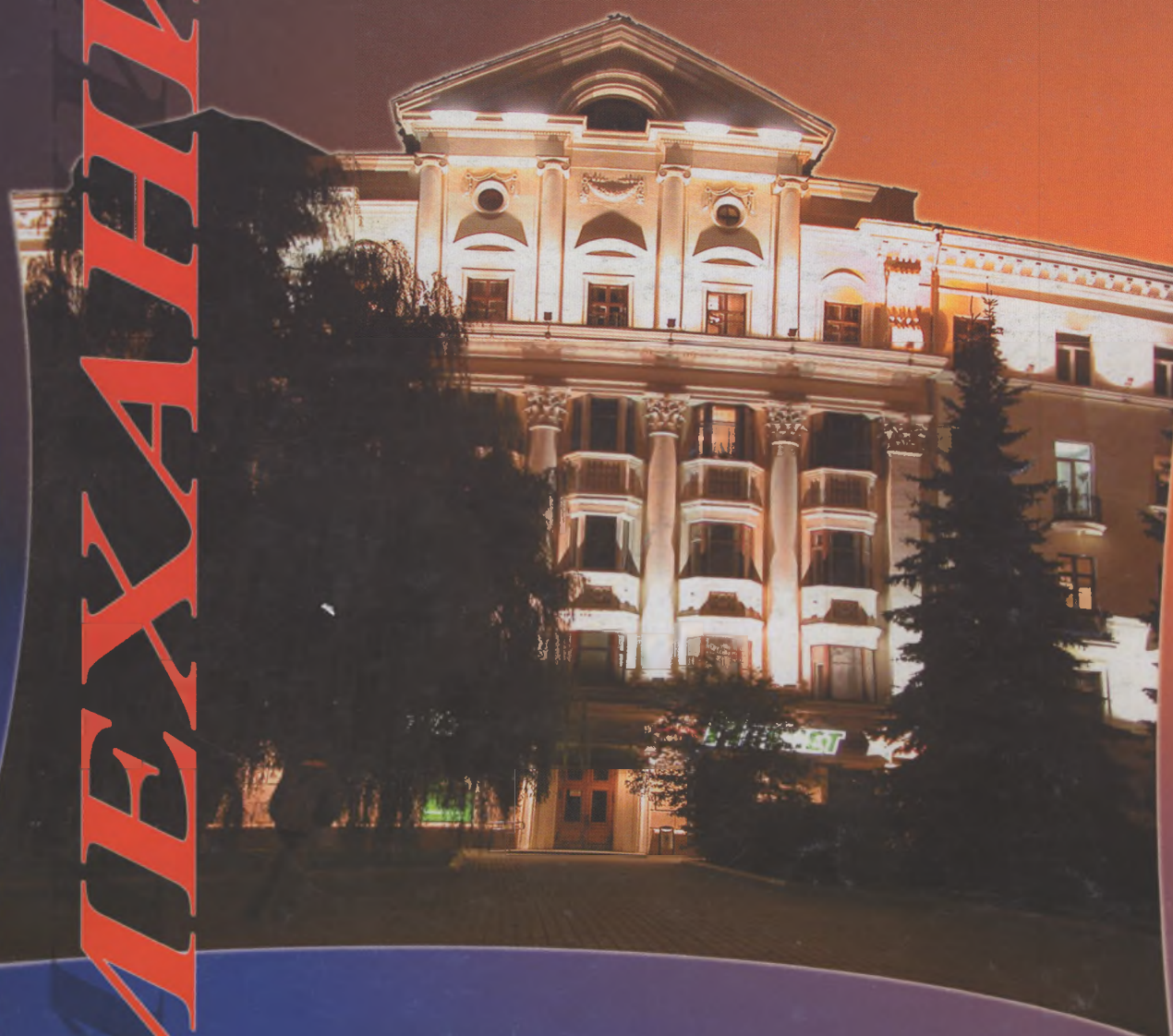


РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-популярный и производственно-практический ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК

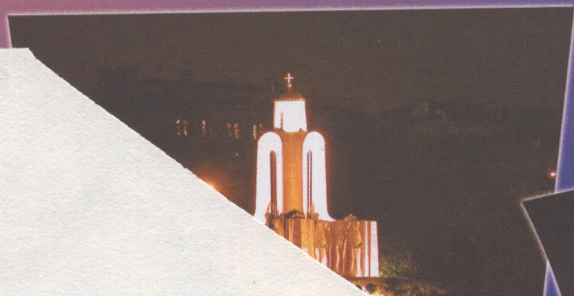
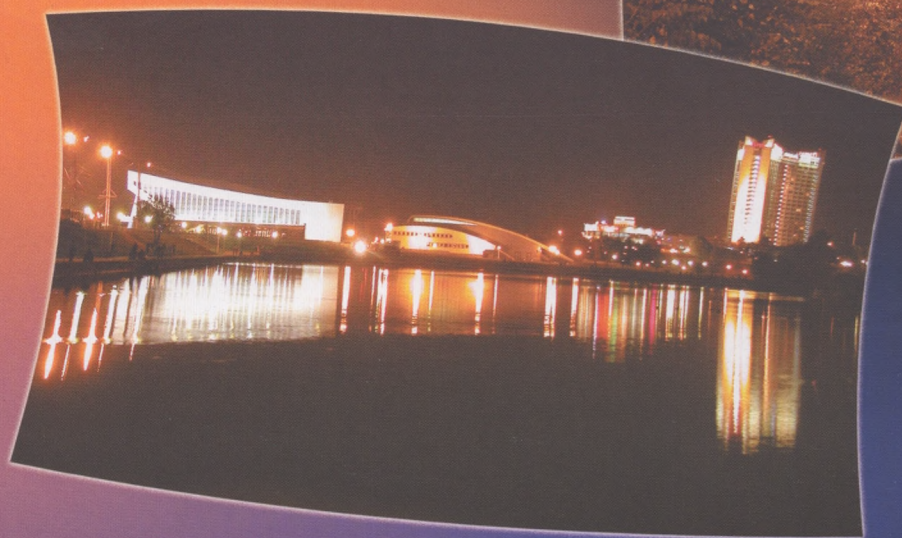


№ 3 (32)

июль - сентябрь

2006

ЛЮБИМЫЙ ГОРОД



ФУЛЛЕРЕНЫ — НОВЫЕ МОЛЕКУЛЫ ДЛЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Шпилевский Э., заведующий отделом «Новые материалы»
Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, к.ф.-м.н.*

В 1985 г. Г.В. Крото, Р.Ф. Керл и Р.Е. Смолли, исследуя пары графита, полученные при лазерном воздействии в струе гелия, обнаружили на масс-спектрограммах пики при 720 а.е.м. и 840 а.е.м., соответствующие углеродным кластерам из 60 и 70 атомов углерода соответственно. Эти кластеры получили название фуллеренов по имени американского архитектора Ричарда Бакминстера Фуллера, построившего несколько зданий, каркасы куполов которых состояли из пяти- и шестиугольников. После изобретения в 1990 г. способа производства фуллеренов в макроскопических количествах [1] и присуждения в 1996 г. Нобелевской премии по химии за открытие этих молекул проявился чрезвычайный интерес к изучению фуллеренов и фуллереноподобных структур. Фуллерены, как принципиально новые молекулы, позволяют создавать новые материалы путем химических реакций, твердых и жидких растворов, образования композитов.

Фуллерены и фуллереноподобные частицы

Фуллерены — углеродные кластеры с четным, более 20, количеством атомов углерода, образующих три связи друг с другом. Атомы в молекулах фуллеренов расположены на поверхности сфероида в вершинах гексагонов и пентагонов. Примеры фуллеренов приведены на рис. 1. Фуллерены с количеством атомов более 70 (например, C_{76} , C_{78} , C_{84}) называют высшими фуллеренами.

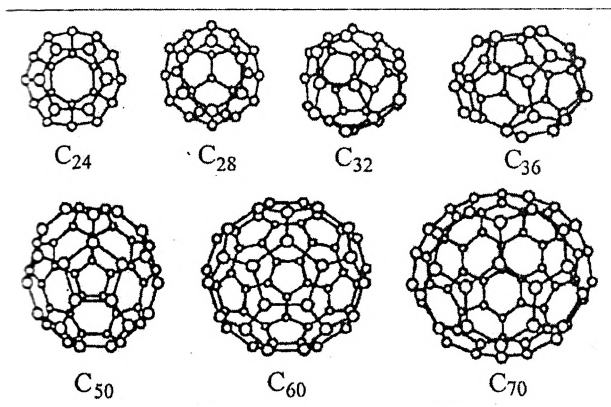


Рис. 1. Схемы строения фуллеренов

Молекула C_{60} обладает наиболее высокой среди фуллеренов симметрией и наибольшей стабильностью. Валентные электроны каждого атома находятся в sp²-гибридизованных состояниях, сходных с состояниями электронов в графите. В молекуле C_{60} атомы углерода связаны между собой ковалентной связью.

Каждый атом углерода в молекуле C_{60} связан с тремя другими атомами, образуя при этом пра-

вильные пятиугольники и неправильные шестиугольники (их 20). Длина связи С-С в пентагоне составляет 1,43 Å, такая же длина стороны гексагона, являющейся общей для обеих фигур, но сторона, общая для двух гексагонов, имеет длину около 1,39 Å. Диаметр молекулы — 7,11 Å.

Молекулы фуллеренов являются сильными окислителями, так как обладают высокой электроотрицательностью и способны присоединять к себе до шести свободных электронов.

Углеродные нанотрубки (УНТ) представляют собой графеновые сетки, свернутые в трубки, и могут быть открытыми и закрытыми (рис. 2), одностенными, двустенными и многостенными с расстоянием между стенками около 0,35 нм. На концах закрытых нанотрубок помимо шестиугольных ячеек, характерных для структуры графита, присутствуют пятиугольные ячейки.

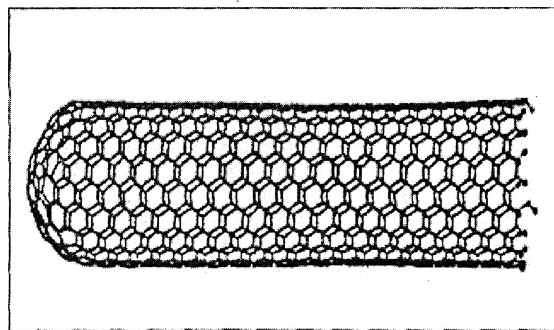


Рис. 2. Углеродная нанотрубка, закрытая с одного конца

Углеродные трубки чрезвычайно прочны и упруги. Их модуль Юнга составляет 40...3,7 ТПа [2].

Ультрадисперсные агрегаты углерода (УДАУ) — ассоциаты углеродных кластеров. Кластеры могут иметь различное строение: цепочечное, однослойное, многослойное («луковичное») и др. На рис. 3 приведен пример углеродного кластера многослойного типа.

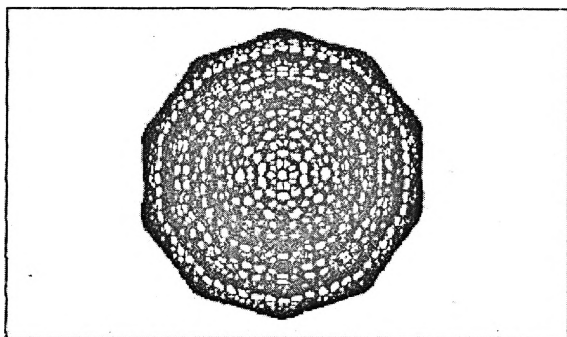


Рис. 3. Модель многослойного углеродного кластера

Фуллереносодержащие материалы

Растворы. Фуллерены практически нерастворимы в полярных растворителях типа спиртов, в ацетоне, тетрагидрофуране, малорастворимы в нормальных алканах (пентан, гексан, декан). Лучше всего они растворяются в жидкостях, для которых отношение удельной энтальпии испарения к удельному объему молекулы растворителя близко к соответствующему значению для молекулы C_{60} (~100 кал см⁻³) [3], например в бензоле и толуоле. Поведение фуллеренов в растворах носит сложный характер. К примеру, растворимость фуллерена в нормальном декалине, состоящем из цис- и транс-форм в отношении 3:7, заметно больше растворимостей в каждой из форм в отдельности.

Фуллерены имеют аномальные зависимости растворимости от температуры в различных растворителях (рис. 4).

Существование максимума растворимости при температуре 260...300 К объясняется образованием при более низких температурах кластеров из молекул фуллерена и наличием фазового перехода ориентационного разупорядочения, который в фуллерите C_{60} происходит при температуре 260 К.

Фуллериты. Фуллерены могут вступать в соединения как друг с другом, так и с другими молекулами и атомами. На рис. 5 приведен пример димера C_{60} [6]. Процессы объединения молекул фуллерена лежат в основе явления «полимеризации фуллерена».

Кристаллические фазы, состоящие из молекул фуллеренов, называют фуллеритами.

При комнатной температуре наблюдаются ГЦК- и ГПУ-структуры, причем ГЦК-решетка

является более предпочтительной (постоянная решетки — 1,417 нм [7], плотность кристалла — 1,69 г·см⁻³ [8]). В этих условиях молекулы C_{60} , моделируемые жесткими шариками, могут свободно вращаться в узлах решетки (свобода вращения несколько ограничена анизотропией взаимодействий). Отдельные молекулы связаны друг с другом относительно слабыми Ван-дер-Ваальсовскими силами.

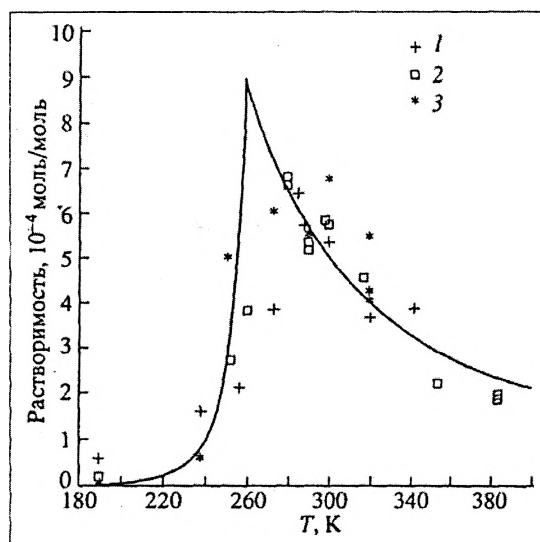


Рис. 4. Зависимость растворимости C_{60} от температуры. 1 — в гексане (умножено на 55) [4]; 2 — в толуоле (умножено на 1,4) [4]; 3 — в CS_2 [4]; сплошная линия — расчет [5]

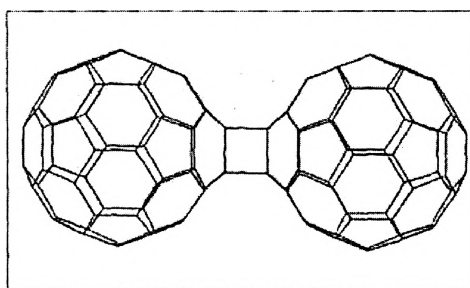


Рис. 5. Модель димера C_{60}

Типичная рентгеновская дифрактограмма порошка C_{60} приведена на рис. 6

Фуллериды. Фуллеридами называют химические соединения фуллеренов с другими атомами или молекулами. На рис. 7 приведена схема молекулы $[Pt(PH_3)_2]_2C_{60}$.

Фуллериды щелочных металлов получают в результате обработки пленок или поликристаллических образцов фуллерена парами металлов при температуре в несколько сот градусов Цельсия (типичные параметры процесса: выдерживание в течение 80 дней при температуре 260°C [9]). Оп-

тимальное стехиометрическое соотношение для смеси — X_3C_{60} либо XY_2C_{60} , где X, Y — атомы щелочного металла. Фуллериды металлов привлекают исследователей своей высокотемпературной сверхпроводимостью: при охлаждении до температуры 18...100 К некоторые из них становятся сверхпроводящими [10].

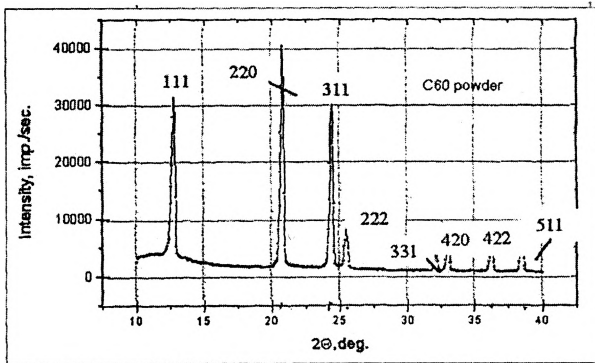


Рис. 6. Рентгеновская диффрактограмма порошка C_{60}

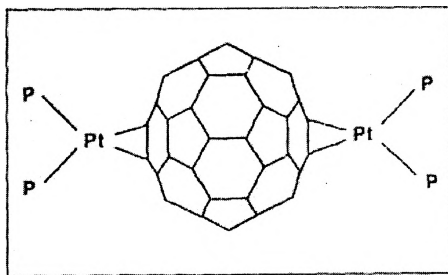


Рис. 7. Схема молекулы $[Pt(PH_3)_2]_2C_{60}$

Активно исследуются гидриды фуллеренов [11—14], рассматриваемые как мобильные системы хранения водорода. Получено несколько кристаллических фаз гидридов фуллеренов: $C_{60}H_{36}$ с ОЦК-структурой [11] и C_6H_x ($10 < x < 24$) с ГЦК-структурой [13].

Фуллериды щелочных металлов A_3C_{60} ($A = K, Rb, Cs$) также имеют гранцентрированную кубическую решетку, в то время как A_6C_{60} — объемно-центрированную кубическую решетку. В фуллеридах отсутствует низкотемпературный фазовый переход и вращение молекул C_{60} при высоких температурах, так как связь молекул фуллере-на с атомом металла практически чисто ионная, то есть щелочной металл отдает один валентный электрон молекуле C_{60} . Таким образом, молекула становится отрицательно заряженной, а металлический ион приобретает положительный заряд, и между ними возникает электростатическое (кулоновское) взаимодействие.

Особый вид фуллеридов — эндофуллерены — молекулы, в которых внутри молекулы фуллере-

на размещен один или более неуглеродных атомов (рис. 8).

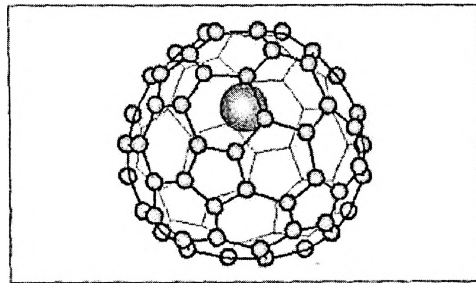


Рис. 8. Молекула эндофуллере-на

Получение фуллереносодержащих материалов

Известны несколько способов получения фуллереносодержащих композиционных материалов.

Металл-фуллереновые пленки в вакууме. Их обычно получают методом термического распыления в вакууме [15]. Поскольку фуллерены начинают сублимировать при температурах ниже 700 К, а температура испарения металлов значительно выше, то для получения пленок используют два испарителя. Концентрация фуллеренов в пленках определяется скоростями поступления компонентов (атомов и молекул), которые регулируются температурой испарителей и их расположением относительно подложки. Температуры испарителей выбираются по экспериментальным зависимостям скорости испарения от температуры.

Электрохимическое осаждение металл-фуллереновых пленок. Для получения толстых металлических пленок с небольшим (менее 1%) содержанием фуллеренов может использоваться метод электрохимического осаждения, при котором порошок фуллерита или раствор фуллеренов смешивается с электролитом [16,17]. Для повышения однородности электролита используется ультразвуковой вибратор. Технологическими параметрами являются состав электролита, плотность и режим тока, мощность, длительность импульсов и частота сопутствующего лазерного излучения.

Получение полимер-фуллереновых материалов. Данный тип материалов получают следующими способами:

- совместным распылением и осаждением компонентов;
- смешиванием порошка фуллерита с расплавом полимера и последующим охлаждением полученной смеси;
- смешиванием раствора фуллеренов с раствором полимеров и последующей сушкой [18,19].

В зависимости от температуры, типа раствори-

теля, соотношения количеств полимера, фуллере-на, растворителя, степени перемешивания могут образовываться материалы разного типа. От режима сушки зависят пористость, внутренние механические напряжения, адгезия, размер фуллереновых ассоциатов и места их закрепления в полимерных цепочках.

ВАЖНЕЙШИЕ СВОЙСТВА ФУЛЛЕРЕНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Механические свойства. Проведенные измерения [20] микротвердости по Викерсу грани {111} образцов C_{60} в атмосфере N_2 в диапазоне температур 240...470 К показали аномальную зависимость микротвердости от температуры (рис. 9).

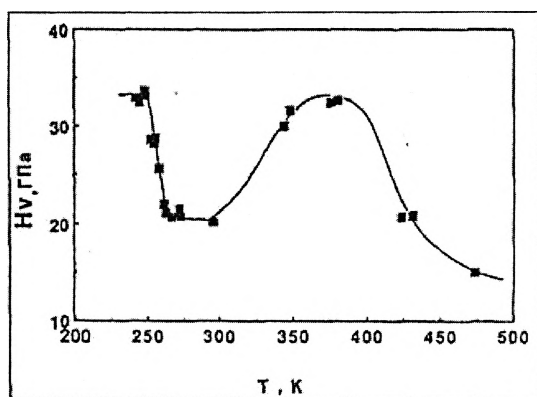


Рис. 9. Температурная зависимость микротвердости по Викерсу грани {111} ГЦК-кристалла C в атмосфере азота [20]

На зависимости выделяются две интересные области: резкое изменение микротвердости при температуре около 260 К и аномальная температурная зависимость микротвердости при температуре около 370 К. В первой области микротвердость увеличивается с уменьшением температуры. Это нормальное поведение кривой за исключением резкого скачка при 260 К. Температура, при которой происходит скачок, соответствует температуре фазового перехода 1-го рода.

Выше 300 К наблюдается аномальное поведение температурной зависимости микротвердости. Последняя возрастает с увеличением температуры и достигает максимального значения при 370 К затем происходит уменьшение микротвердости с температурой.

Трибологические свойства. Проведенные нами исследования коэффициента трения между парой «титановая игла-поверхность стекла» показали снижение коэффициента трения при использовании в качестве граничной смазки раствора фуллеренов в толуоле. На рис. 10 приведены зависимо-

сти коэффициента трения пары «титан–стекло» с различными граничными смазками (толуол, графитовый порошок, раствор фуллеренов в толуоле, смесь графитового порошка и толуола) от количества циклов трения. Уменьшение коэффициента трения связано с присутствием в толуоле молекул фуллере-на (использовался ненасыщенный раствор C_{60}). Таким образом, молекулы фуллеренов выступают в роли молекулярного подшипника. Косвенное подтверждение этому выводу дают сведения общего характера о свойствах C_{60} , а именно их высокая упругость и прочность, низкая поверхностная энергия, слабые межмолекулярные взаимодействия, квазисферическая форма.

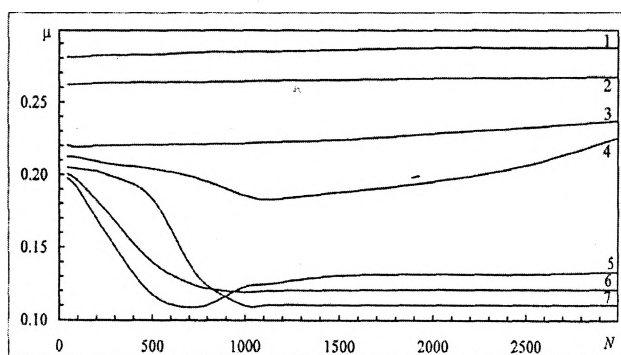


Рис. 10. Зависимость коэффициента трения пары «титан–стекло» с различными граничными смазками от количества циклов трения: 1 — графитовый порошок в толуоле; 2 — графитовый порошок; 3 — без смазки; 4 — толуол; 5 — раствор фуллеренов в толуоле (0,72 мг/мл); 6 — раствор фуллеренов в толуоле (1,08 мг/мл); 7 — раствор фуллеренов в толуоле (2,15 мг/мл)

Фуллерен C_{60} исследовался в виде твердой пленки в качестве твердосмазочного покрытия [21], а также в виде присадок к жидким смазочным материалам [22]. Добавление фуллереносодержащей сажи к промышленному маслу приводит к снижению коэффициента трения до 0,02 [23]. Композиционные материалы УДАУ — политетрафторэтилен обладают низким коэффициентом трения (0,1...0,2).

Результаты исследований указывают на перспективность использования C_{60} и УДАУ для решения различных трибологических задач.

Электрические свойства. Чистый фуллерит при комнатной температуре является изолятором с шириной запрещенной зоны более 1,9 эВ или собственным проводником с очень низкой проводимостью.

Изучение электрических характеристик поликристаллических образцов C_{60} показывает монс-

тонную зависимость сопротивления образцов от температуры и ширины запрещенной зоны от давления [24, 25]. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны может быть связана с тепловым расширением образца, которое играет ту же роль, что и снижение давления [26].

Первым было сообщение группы ученых из Bell Laboratory (США) о том, что легированный калием фуллерен является сверхпроводником с температурой фазового перехода в сверхпроводящее состояние, равной приблизительно 18 К [27]. В дальнейшем обнаружили, что фуллериды на основе других щелочных (кроме натрия) и щелочноземельных металлов также являются сверхпроводниками. При этом максимальная температура перехода оказалась равной 42 К, то есть некоторые металлофуллерены являются высокотемпературными сверхпроводниками.

Фуллериды щелочных металлов A_3C_{60} ($A = K, Rb, Cs$) обладают сверхпроводящими свойствами. При этом составе фуллерида зона проводимости заполнена электронами наполовину. Температура фазового перехода зависит от постоянной решетки фуллерида. Максимальная температура сверхпроводящего перехода для сложного состава $RbTi-C_{60}$ превышает 40 К, и есть основание предполагать, что пока неидентифицированный по составу фуллерид меди имеет температуру сверхпроводящего перехода 120 К. Таким образом, металлофуллерены при простом составе являются самыми высокотемпературными сверхпроводниками, не считая керамики со сложным составом. В отличие от сложных оксидов меди это изотропные сверхпроводники, то есть параметры сверхпроводящего состояния оказываются одинаковыми по всем кристаллографическим направлениям.

Проблема теоретического описания сверхпроводимости металлофуллеренов, как и традиционных высокотемпературных сверхпроводников на основе оксидов меди, в настоящее время далека от разрешения.

Большой интерес вызывают электрические свойства углеродных нанотрубок. Зонная структура одностенных углеродных нанотрубок определяется их диаметром и углом между направлением сворачивания нанотрубки и направлением, в котором соседние шестиугольники имеют общую сторону. Углеродные нанотрубки могут быть проводниками или полупроводниками. Внешнее магнитное поле способно изменять ширину запрещенной зоны полупроводниковой трубки и даже переводить ее в проводящее состояние. Проводимость

углеродных нанотрубок, легированных калием или бромом, при 300 К превышает таковую чистых нанотрубок более чем в 30 раз [28].

Фотозлектрические свойства. Поскольку фуллерены являются полупроводниками с небольшой шириной запрещенной зоны, они должны проявлять свойства фотопроводимости при освещении видимым излучением. В результате этого процесса электрон переводится в зону проводимости. Это явление наблюдалось в [29] при использовании пленки на основе поливинилкарбазола, которая насыщалась смесью C_{60} и C_{70} , растворенных в толуоле. Спектр фотопоглощения использованной пленки включает диапазон длин волн от 280 до 680 нм, а квантовый выход, представляющий собой вероятность образования электронно-ионной пары при поглощении одного фотона, составляет 0,9. По этим параметрам рассматриваемый материал является одним из лучших фотопроводящих органических материалов.

Оптические свойства. Фуллерен C_{60} является подходящим материалом для оптических преобразований, связанных с удвоением и утроением частоты падающего излучения. Это было продемонстрировано в [30], где измерялась оптическая нелинейная восприимчивость третьего порядка для линейно поляризованного лазерного излучения с длиной волны 1,064 нм. Высокие значения этого и других нелинейных параметров связаны с характером поглощения и излучения света фуллеренами. Они показывают, что фуллерены являются перспективным оптическим материалом.

Для C_{60} область оптического ограничения лежит в диапазоне длин волн 400...700 нм. Области оптического ограничения более высоких фуллеренов (C_{70}, C_{78}, C_{84}) находятся в видимой и ближней инфракрасной областях. На рис. 11 приведена зависимость, пропускания света фуллеренсодержащей полимерной пленкой [31].

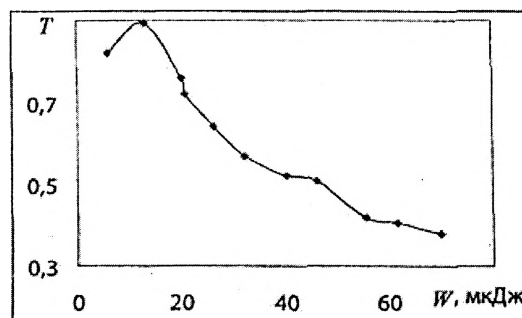


Рис. 11. Зависимость пропускания света C_{84} -тетрагидронафталином на длине волны 1,064 мкм от вводимой энергии

Экспериментальные исследования эффекта нелинейной прозрачности фуллереносодержащих растворов и соединений [34] открывают возможности их использования в качестве основы оптических затворов — ограничителей интенсивности лазерного излучения. Пороговая интенсивность, характеризующая оптический затвор на основе фуллеренов, в несколько раз ниже соответствующего значения для материалов, традиционно используемых в подобных целях (индантрон, фталоцианин хлоралюминия и др.). Нелинейные оптические свойства фуллеренов могут стать основой для создания на базе последних специальных нелинейных оптических элементов для оптических цифровых процессоров, а также для защиты оптических сенсорных датчиков от интенсивного облучения. В [35] проведено спектроскопическое исследование края собственного поглощения кристаллов фуллерена C_{60} , обусловленного дипольно-запрещенными переходами. При температурах 6...300 К исследованы спектры люминесценции, поглощения, определена энергия бесфононного внутримолекулярного электронного перехода 1,846 эВ. При низких температурах все спектры имеют отчетливо выраженную дублетную структуру. Высказано предположение, что наблюдаемое расщепление обусловлено существованием неэквивалентных кристаллических позиций молекул C_{60} . Это предположение подтверждается исследованием температурной зависимости спектров.

Сорбционные свойства. Фуллерены могут выступать как сорбенты, так как обладают высокой сорбционной способностью. Об этом свидетельствуют изменения их свойств в различных газовых средах. При экспозиции на воздухе фуллереновых пленок, полученных в вакууме, их сопротивление возрастает [36]. Физические основы оценки сорбционных свойств углеродных материалов и идентификация наличия в них фуллереноподобных структур разработаны в [37].

Исследования, проведенные в разных научных центрах, показали, что фуллерены и углеродные нанотрубки могут выступать в качестве водородаккумулирующих матриц. Так, количество водорода в однослойных нанотрубках при давлении 10...12 МПа и температуре 80 К более 8 масс. % [38].

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛ-ФУЛЛЕРЕНОВЫХ СТРУКТУР

Сорбционные датчики

Металл-фуллереновые пленки являются хорошими сорбентами. Наши исследования электрических свойств тонких пленок $Cu-C_{60}$ разного

состава (изменялось соотношение числа атомов меди в расчете на одну молекулу фуллерена $N_{Cu}:N_{C_{60}}$) показали высокую чувствительность их электрического сопротивления к сорбции кислорода. На рис. 12 приведены зависимости изменения электросопротивления пленок $Cu-C_{60}$ с разным содержанием фуллерена от времени их хранения на воздухе. Полученные изменения электрического сопротивления десятками процентов указывают на хорошую перспективу для использования подобных структур в качестве сорбционных датчиков.

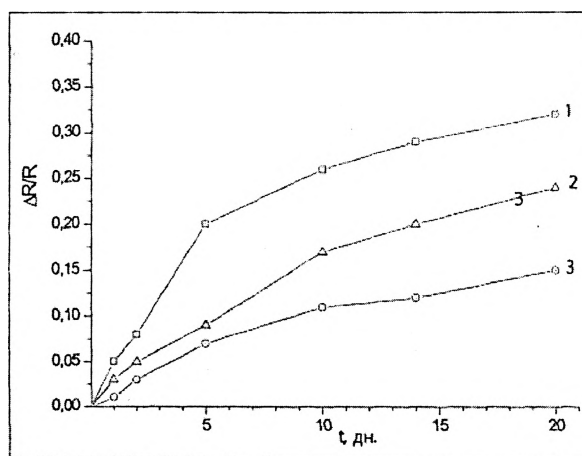


Рис. 12. Изменение электрического сопротивления пленок $Cu-C_{60}$ с разным содержанием фуллерена от времени их хранения на воздухе: 1 — 6 атомов, 2 — 7 атомов, 3 — 9 атомов меди на одну молекулу фуллерена

Покрyтия

Разработанные с участием автора покрытия «титан-фуллерен» [39,40] имеют низкий коэффициент трения, нелинейно зависящий от концентрации, и достаточно высокую адгезионную прочность. Коэффициенты трения покрытий (при скорости скольжения $0,12 \text{ мс}^{-1}$ и нагрузке на острие, равной $5,0 \cdot 10^6 \text{ Нм}^{-2}$) на стеклянной подложке составили 0,16–0,17, на титановой подложке — 0,11–0,12, а адгезионная прочность покрытий «титан-фуллерен» на этих подложках равна 0,62 ГПа и 0,84 ГПа, соответственно. Предел прочности покрытий составляет 8,9 ГПа, а модуль Юнга — 91 ГПа.

Низкие значения коэффициентов трения объясняются возможной сменой механизма трения. Фуллерены вследствие замкнутости всех δ -связей могут проявлять свойства молекулярного подшипника. Таким образом, не смотря на используемую при трибологических испытаниях схему «острие-покрытие», предполагающую проявление

ние механизма «трение–скольжение», наличие молекул фуллерена обеспечивает действие механизма «трение–качение». Полученные покрытия показали высокую химическую стойкость в разбавленных кислотах и щелочах (3%-ные растворы HCl, NaOH, KOH). Заметных изменений на поверхности покрытий не наблюдалось при выдержке образцов в кислотной и щелочной средах в течение 2400 часов:

Титан-фуллереновые покрытия обладают важными механическими, трибологическими, коррозионными свойствами, сочетая в одном материале трудносовместимые свойства (например малую плотность с высокой прочностью, высокую адгезию и низкий коэффициент трения, высокую прочность и высокую пластичность). Сочетание названных свойств позволяет сделать вывод о перспективности применения титан-фуллереновых покрытий в экстремальных условиях (биомедицине, кораблестроении, авиационной и космической технике) [39,41].

Тензорезистивные датчики

С использованием тензоэлектрического эффекта могут быть построены тензодатчики на металл-фуллереновых пленках. Указанные пленки имеют высокий коэффициент тензочувствительности (более 10, в то время как самый высокий для металлов — для платины — составляет 1,6) [42].

Биомедицинские приложения

Контейнеры для адресной доставки лекарственных препаратов в организме. Молекулярные фильтры, мембраны, эндопротезы, лекарственные препараты [39,43].

Литература

1. Kratschmer W., Lamb L. D., Fostiropoulos K., Huffman D. R. Solid C : a new form of carbon // Nature. 1990, vol. 347, №6291. P. 354-358.
2. Ebbesen T. W., Gibson J. M. Exceptionally high young's modules observed for individual carbon nanotubes // Nature. 1996, vol. 381, № 6584. P. 678-680.
3. Ruoff R. S., Tse D. S., Malhotra M., Lorents D. C Solubility of fullerene C₆₀ in variety of solvents // J. Phys. Chem. 1993, vol. 97, № 13. P. 3379-3383.
4. Ruoff R. S., Malhotra R., Huestis D. L, Tse D. S, Lorents D. C Anomalous solubility behavior fullerene C₆₀ // Nature. 1993, vol. 362, №6416. P. 140-141.
5. Bezmelnitsin V. N., Eletsii A. V, Stepanov E. V. Cluster origin of fullerene solubility // Progress in fullerene research. Ed. by H. Kuzmany, J. Fink, M. Mehring, S. Roth — Singapore, 1994. P. 45.
6. Takashi N, Dock H., Matsuzawa N, Ata M. Plasma-polymerized C₆₀/C₇₀ mixture films: Electric conductivity and structure // J. Appl. Phys. 1993, vol. 74, № 9. P. 5790-5798.
7. Heiney P. A. Simulation of C₆₀ through the plastic transition temperature // J. Phys. Chem. Solids. 1992, vol. 53, №11. P. 1333.
8. Bethune D. S., Jahncon R. D., Salm J. R., Yan-noni C S. Analytical molecular orbitals and band structures of solid C // Chem. Phus. Lett. 1990, vol. 179. P. 219.
9. Bomeneli F., Pegiogi L, Wachter P. Metallic conductivity and metal-insulator transition in (ACJ), (A = K, Rb, Cs) linear polymer fullerides // Phys. Rev. B. 1995, vol. 51, №20. P. 14794.
10. Елецкий А. В. Новые направления в исследованиях фуллеренов // УФН. 1994, т. 164, № 9. С. 107-109.
11. Hall L E., McKenzie D. R., Attala M. I., Vassallo A. M., Davis R. I., TJunlop J. B., Cockayne D. J. H. The structure of C₆₀ H₃₆ // J. Phys. Chem. 1993, vol. 97, №21. P. 5741-5744.

12. Лобач А. С, Петров А. А, Ребров А. И., Ра шупкина О. С, Ткачева В. А., Степанов А. М. По лучение и исследование гидридов фуллеренов C_{60} и C_{70} // Известия АН РФ. Сер. химич. 1997, №4. С. 671-677.
13. Шульга Ю. М., Тарасов Б. П. Кристаллические гидрофуллерены: получение и свойства // Фуллерены и фуллереноподобные структуры — Минск: БГУ, 2000. С. 14-19.
14. Жура Л. С, Дикий В. В., Кабо Г. Я. Термодина мические свойства углеводорода $C_{60}H_{60}$ // Фуллерены и фуллереноподобные структуры — Минск: БГУ, 2000. С. 174-179.
15. Шпилевский Э. М., Баран Л. В., Шпилевский М. Э. Вакуумное осаждение металл-фуллереновых пленок // Материалы, технологии, инструменты. 1998, т. 3, № 2. С. 105.
16. Хмыль А. А., Достанко А. П., Емельянов В. А., Шапчиц А. В., Шпилевский М. Э. Свойства композиционных покрытий никель-фуллерен, осажденных электрохимическим способом // Фуллерены и фуллереноподобные структуры,— Минск: БГУ, 2000. С. 83-90.
17. Шпилевский М. Э., Шапчиц А. В. Электролитическое осаждение никель-фуллереновых пленок // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Магнитные материалы и их применение» (Минск, 30 сентября—2 октября 1998 г.). — Минск, 1998. С. 179-180.
18. Aleshin A. N., Biryulin Yu. F, Mironkov N. B., Sharonova L. V., Fadeeva E. N., Zgonnik V. N. // Fullerene Sci. and Technology. 1998, vol. 6, № 3. P. 545-561.
19. Стельмах В. Ф., Шпилевский Э. М., Оджаев В. Б. Структурные преобразования в фуллеренсодержащих полимерных слоях при ионной имплантации // Тез, докл. междунар. симп. «Ионная имплантация в науке и технике» (Налэнчув, 22—24 января 1997 г.).— Люблин, 1997. С. 32.
20. Tachibana M. Temperature dependence of the microhardness of C_{60} crystals // Physical Review B. 1994, vol. 49, № 21. P. 14945.
21. Bhushan B., Gupta V. K., Van Cleef G. W., Capp C, Cue J. V. // Tribol. Trans. 1993, vol. 36, № 4. P. 574-580.
22. Gupta V. K., Bhushan B. // Lubr. Engineering. 1994, vol. 50, №7. P. 524-528.
23. Гинзбург Б. М., Киреенко О, Ф., Байдакова М. В., Соловьев В. А. Образование защитной пленки на поверхности трения меди в присутствии фуллерена С // ЖТФ. 1999, т. 69, вып. 11. С. 113-116.
24. Duclos S. J. et al. // Nature. 1991, vol. 351. P. 380.
25. Requeiro M. N. et al. // Nature. 1991, vol. 354. P. 289.
26. Heyney P. A. et al. // Phys. Rev. Lett. 1991, vol. 66. P. 2911.
27. Мастеров В. Ф. Физические свойства фуллеренов // Соросовский образовательный журнал. 1997, № I. С. 93-99.
28. Lee R. S., Kim H. J., Fischer J. E., Thess A., Smalley R. E. Conductivity enhancement in single-walled carbon nanotube bundles with K and Br // Nature. 1997, vol. 388, № 6622. P. 255-257.
29. Wang Y. // Nature. 1992, vol. 356. P. 585.
30. Hoshi H. et al. // Jpn. J. Appl. Phys. 1991, vol. 30. P. L1397.
31. Kost A., Jenson J. E., Tutt L. W. Fullerene-based large-area passive filters // SPIE Proc. 1994, vol. 2284. P. 208-219.
32. Tutt L. W., Kost A. Optical limiting performance of C_{60} and C_{70} solutions // Nature. 1992, vol. 356, № 6366. P. 225-226.
33. McLean D. G., Sutherland R. L., Brant M. C, Brandelik D. M., Fleitz P. A., Pottenger T. Nonlinear absorption study of a fullerene C_{60} -toluene solution // Opt. Lett. 1993, vol. 18, № 11. P. 858-860.
34. Mishra S. R., Rawat H. S., Joishi M. P., Mehendale S. C The role of non-linear scattering in optical limiting in C_{60} solution // J. Phys. B. 1994, vol. 27, №8. P. L157—L163.
35. Schlaich H., Muccini M., Feldmann J. et al. Absorption at the dipole-forbidden optical gap of crystallin C_{60} // Chem. Phys. Lett. 1995, vol. 236. P. 135-140.
36. Шерман А. Б., Стоцкий Ю. А., Шакин О. В. Роль адсорбированных примесей в электропроводности пленок C_{60} // ФТТ. 1996, т. 38, № 6. С. 1742-1747.
37. Stelmakh V., Stryhutski L, Shpilevsky E., Zukowski P., Karwat Cz. Oxygen influence on EPR spectra of carbon materials // Polish Journal of Applied Chemistry. 2000, vol. XLIV, № 4. P. 227-234.
38. Ye Y., Ahn C. C, Witham C, Fultz B., Liu J., Binzler A. G., Colbert P., Smith K. A., Smally R. E. // Appl. Phys. Lett. 1999, vol. 74. P. 2307-2308.
39. Витязь П. А., Жданок С.А., Шпилевский Э.М. Новые материалы для космической техники // Первый Белорусский космический конгресс. 28-30.10.2003. — Минск.: ИПИ НАН Беларуси, С. 11-13.
40. Шпилевский М. Э., Шпилевский Э. М., Матвеева Л. А. Свойства титан-фуллереновых покрытий // Материалы и покрытия в экстремальных условиях. — Киев: Академперіодика. 2004. С. 445-446.
41. Шпилевский М. Э., Шпилевский Э. М., Стельмах В. Ф., Матвеева Л. А. Титан-фуллереновые покрытия для эндопротезов // Фуллерены и фуллеренсодержащие материалы: Сборник научных трудов — Минск: БГУ, 2001. С. 107—116.
42. Шпилевский Э. М. Металл-фуллереновые пленки: получение, свойства, применение // Алмазные пленки и пленки родственных материалов.— Харьков: ННЦ ХФТИ, Констаната, 2003. С. 242-264.
43. Драпезо А.П., Прокошин В.И., Ярмлович В.А. Нанотолщинные детекторы магнитных полей на основе пленок пермаллоев // Актуальные проблемы физики твердого тела. — Минск: ИЦ БГУ, 2003. С. 253.

ОСНОВНЫЕ ПУТИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТХОДОВ (СТРУЖКА, ШЛАКИ)

*Астапчик С.А., Волочко А.Т. Физико-технический институт НАН Беларуси,
Овчинников В.В. УП «Минский моторный завод»*

В связи с отсутствием в Республике Беларусь сырьевой базы, весьма перспективным является использование вторичных ресурсов. Проблема переработки отходов алюминиевых сплавов состоит не только в постоянно увеличивающихся объемах их образования и вывоза шлака в отвалы, но и в отсутствии действующих комплексных технологий позволяющих более эффективно их использовать. При рациональном построении технологической цепи, включающей сбор, классификацию и подготовку стружечных отходов, есть возможность получать не только вторичные сплавы соответствующие по химическому составу и механическим свойствам ГОСТ 1583-93, но и существенно расширить область их применения, обеспечивая при этом:

- повышение эксплуатационных свойств изделий, замену более дефицитных и дорогостоящих материалов;

- снижение себестоимости и повышение коэффициента использования материала;

- экономию энерго- и материальных ресурсов.

Обладая рядом ценных свойств, алюминий и его сплавы могут быть использованы в качестве основы при получении ответственных изделий машиностроения, как матричный наполнитель при получении композиционных материалов, как добавки при получении керамических материалов, а также использоваться в качестве газообразователя при изготовлении пористых материалов [1].

Проблема использования алюминиевой стружки в производстве ответственных изделий машиностроения усугубляется тем, что:

- для приготовления сплавов основного производства требуется минимизировать содержание в них железа, т.к. поставки первичных алюминиевых сплавов в последнее время осуществляются уже с максимально допустимыми пределами примесей по железу;

- внедрение технологии получения биметаллических поршней с упрочняющей вставкой требует специальных способов отделения материала нирезиста Fe–13Ni–7Cu из стружки;

- при переплаве стружки, загрязненной маслом и СОЖ, выход годного составляет не более 60–70%. Вместе с тем, увеличение металлургического выхода на 5% в масштабах РБ увеличивает долю извлеченного металла на 100 тонн в год, что эквивалентно примерно 250 млн. руб. в год;

- при использовании неотожженной стружки при переплаве и в производстве лигатур существует опасность их возгорания при нагреве.

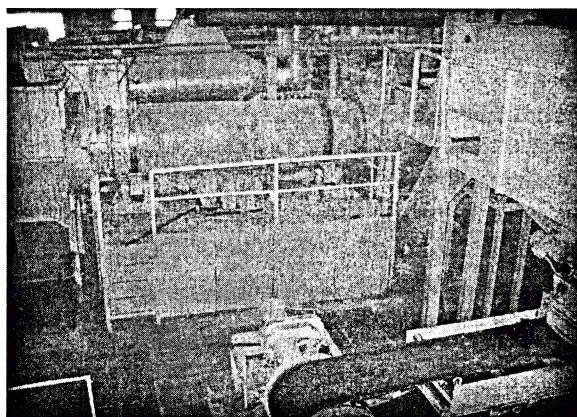
При этом организация безокислительной сушки стружки (рис. 1) необходима для удаления примесей, в т.ч. для извлечения методом магнитной сепарации железосодержащих частиц, а также формирования поверхности и структуры дискретных алюминиевых частиц для дальнейшей переработки. Кроме того, на этом этапе закладываются минералогические свойства шлака при его использовании в качестве добавок огнеупорных керамических материалов.

Осуществление сушки в определенном температурно-временном режиме (573–623 К в течение 30 мин) позволяет повысить коэффициент использования металла при переплаве до 0,9–0,95, и добиться диспергирования стружки в порошок необходимых размеров при минимальных затратах.

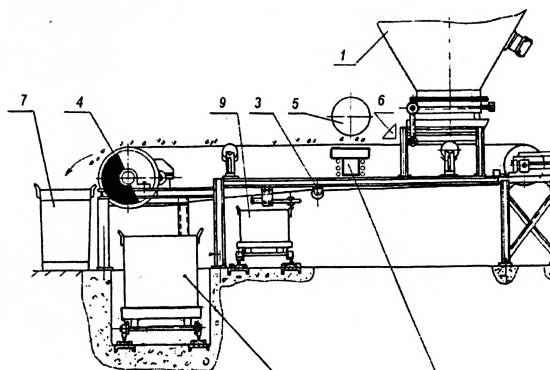
Получение алюминиевого порошка из стружечных отходов механическим диспергированием в сравнении с получением порошка распылением из расплава является более экономически выгодным. В этом случае расход удельных энергозатрат сокращается более чем в 2 раза и не требуется плавильное оборудование. Эффективным на первом этапе является диспергирование стружки до размера частиц менее 315–500 мкм в дисковых мельницах со скоростью вращения рабочих органов не более 8–10 м/с, что позволяет проводить процесс без налипания алюминия (рис. 2). При этом удельный расход электроэнергии составляет 0,40–0,46 кВт/час, что в 1,5–2 раза меньше чем в шаровых гравитационных мельницах.

Для безопасного осуществления процесса домола алюминиевых порошков до размера менее 10–15 мкм и получения алюминиевых паст (газо-

образователя) процесс осуществляют в жидкой среде в бисерных мельницах с добавлением по-
рассматриваются с учетом его состава, свойств и назначения.

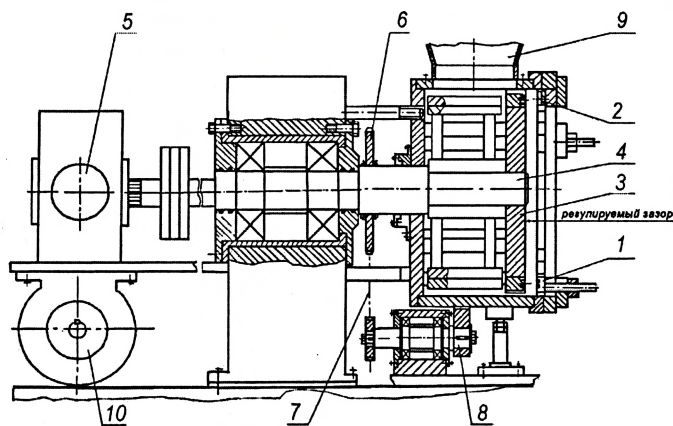


а

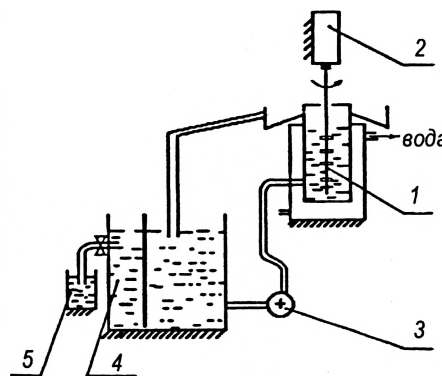


б

Рис. 1. Подготовка алюминиевой стружки: а — комплекс сушки стружки, б — устройство сепарации магнитных и слабомагнитных включений (нирезиста) в алюминиевой стружке (1 — бункер 2,5 — встряхиватель; 3 — транспортер; 4 — магнитный сепаратор; 6 — целевой дозатор; 7–9 — тара)



а



б

Рис. 2. Измельчение алюминиевой стружки: а — схема устройства для измельчения (1 — винтовой регулятор зазора; 2 — неподвижный жернов, 3 — фреза-жернов, 4 — несущий вал, 5 — редуктор, 6 — звездочка, 7 — цепная передача 8 — кулачок, 9 — загрузочный бункер, 10 — двигатель); б — схема доизмельчения в бисерной мельнице (1 — мельница, 2 — привод, 3 — циркулярный насос, 4 — приемный бак, 5 — емкость для отбора готовой продукции)

верхностно-активных веществ в виде ускорителей помола и ингибиторов коррозии [2].

Проведенный анализ проблемы повышения эффективности переработки стружечных отходов и создание новых материалов и процессов их получения позволили определить два технологических маршрута получения полуфабрикатов и изделий (рис. 3), включающие переплав с получением слитков и алюминиевого порошка, а также механическое диспергирование стружки до получения порошка, паст, композиционных материалов. При этом выбор технологического маршрута изготовления изделий, требования к каждой из операций

Среди многообразия разработанных способов получения композиционных алюминиевых изделий в твердом, твердожидком и жидкофазном состоянии, каждый из них имеет свои области применения [1].

Так жидкофазным спеканием порошков и экструдированием при температуре жидкого азота возможно получать самосмазывающиеся изделия из композиционных алюминиевых материалов (КАМ) с включениями как твердой, так и жидкой смазки. Горячим экструдированием заготовок были получены лигатуры с содержанием несмазываемых дисперсных частиц до 10–15 мас.% для их

введения в расплав и изготовления в дальнейшем дующем нагреве выше температуры 973–993 К, изделий различными методами литья, а также по- что не позволяет повысить прочностные характе-

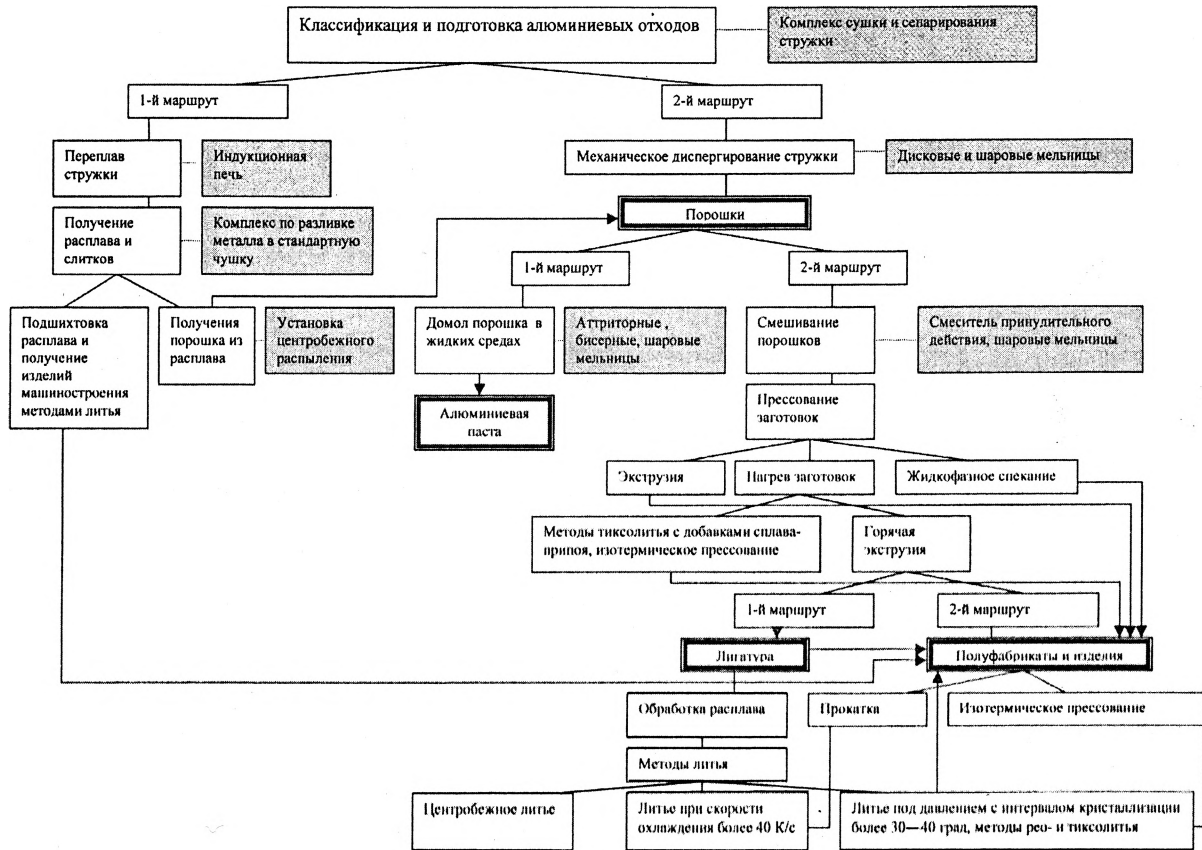


Рис. 3. Технологические схемы получения алюминиевых изделий с использованием алюминиевых отходов

лучены полуфабрикаты в виде вставок (например, токопроводящих электроконтактов для трения по меди), заготовки для последующей их обработкой давлением. Применение литейных заготовок в сравнении с порошковыми для последующей обработки давлением имеет ряд преимуществ, связанных с возможностью их бездефектного деформирования (например, последующей прокаткой, ковкой). Литьем при скорости охлаждения более 40 К/с возможно получать заготовки, которые наряду с возможностью деформирования без нарушения сплошности могут подвергаться тиксолитию и термообработке (детали цилиндро-поршневой группы, литые диски и др.), что значительно повышает механические свойства КАМ.

По критерию стоимость/качество литье под давлением характеризуется наименьшей стоимостью отливки, которая на 40% ниже, чем при жидкой штамповке. Существенным недостатком технологии литья под давлением являются пористость и вспучивание материала при после-

ристики в процессе термообработки. Вместе с тем, с использованием этого процесса получены сплавы антифрикционные с порошковым наполнителем ГОСТ 30598-98, что позволило организовать выпуск подшипников скольжения в Республике Беларусь объемом более 10000 шт. в год.

Однако использование данной технологии имеет и свои ограничения. Для ответственных узлов трения, деталей работающих в более жестких температурно-скоростных условиях с ограниченной подачей смазки более предпочтительными являются порошково-деформационные технологии, обеспечивающие сохранение стабильности свойств дисперсных частиц.

Так к примеру, при создании бескольцевого шагнуно-поршневого компрессора требуемый уровень его эксплуатации (потребляемая мощность, масса компрессора, виброшумовые характеристики и др.) были достигнуты на экструдированных заготовках подвергнутых изотермическому прессованию. Это характерно и при создании

КАМ для трения в вакууме, когда введение дисперсных частиц графита малоэффективно, а термическая стабильность сульфидов ограничена температурой экструдирования.

Для эффективного использования алюминиевого шлака при переплаве в газовых печах и извлечении металлического алюминия предложено вначале его обогащать путем механического диспергирования с одновременным отсевом крупных частиц, в которых сосредотачивается до 45–60 мас.%. алюминия. Процесс может осуществляться в грохотах (галтовочных барабанах) со специальным склизом, корпус которых выполнен в виде отверстий диаметром 12–15 мм. Организация участка комплексной переработки шлака на базе УП "ММЗ" (рис. 4) позволила дополнительно извлекать из обогащенного шлака до 50% металлического алюминия и использовать его для подшихтовки сплавов основного производства.

может применяться в качестве сырьевой массы для изготовления высокоглиноземистого цемента [3], используемого для жаростойких и быстротвердеющих бетонов при аварийных и ремонтных работах. В качестве компонента с добавками песка и др. элементов он может быть применен как заполнитель жаростойкого бетона. С использованием тонкомолотого заполнителя, масс % (шлак 70, песок 30), содержащего более 30% оксида алюминия и высокоглиноземистого цемента более 5–10%, были получены образцы огнеупора пористостью 25–30% с пределом прочности 25–30 МПа. При термостойкости 10 водных теплосмен их прочность составила 50–60% исходной [4].

Важным направлением использования алюминиевых шлаков является металлургическая промышленность. Так, термодинамические расчеты о газовом противодействии капиллярной фильтрации позволили рекомендовать металлический



Рис. 4. Участок по переработке шлака

Среди направлений утилизации и использования алюминиевых шлаков, содержащих значительное количество (до 70–90%) оксидов алюминия, кремния, магния, железа и др., являются металлургическая промышленность и производство строительных материалов (рис. 5).

По своему минералогическому составу алюминиевые шлаки близки к бокситам, поэтому шлак

шлак в качестве антипригарных покрытий форм, стержней для стального и чугуна литья [5–7]. Эффективность действия таких покрытий связана с газовыми затворами в их структуре, противодействующими проникновению расплава. По качеству покрытия не уступают противопопригарным краскам на основе маршаллита и цирконового концентрата, а по стоимости они существенно ниже.

В зависимости от фракционного состава алюминиевый шлак может быть использован как активаторов и обмазок футеровки тиглей для защиты

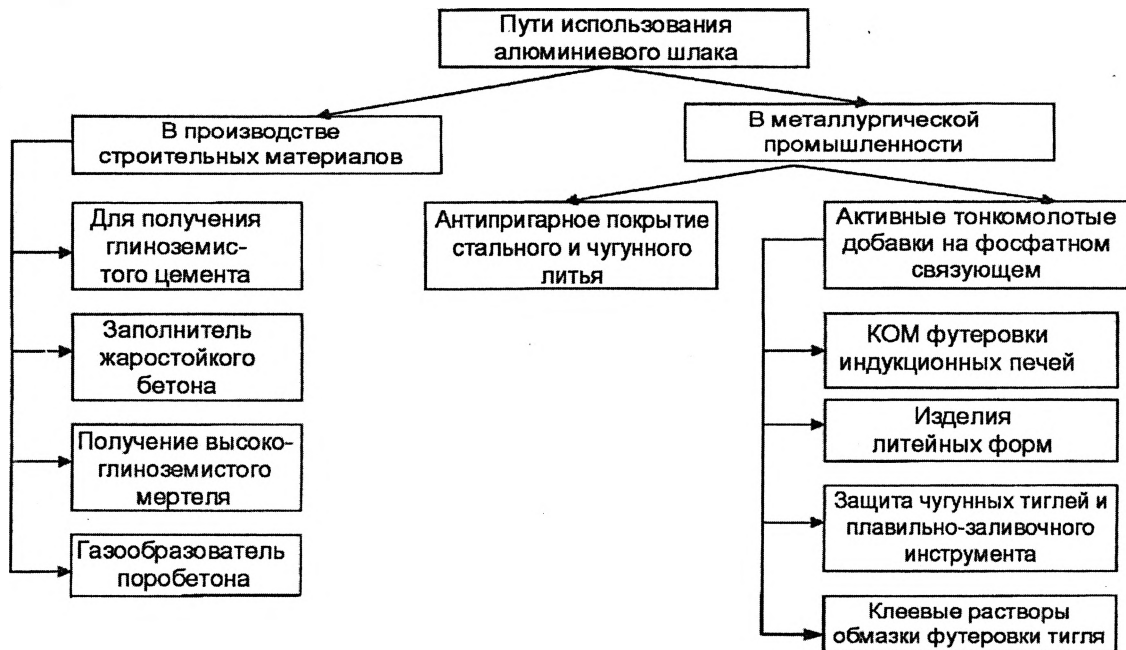


Рис. 5. Основные пути использования алюминиевого шлака

тивная тонкомолотая добавка на фосфатном связующем для производства КОМ, применяемых в литейном производстве алюминиевых сплавов [2]. Технология формования определяется назначением и условиями эксплуатации. Такие материалы отмечаются высокой термостойкостью и шлакоустойчивостью и нашли применение для футеровки индукционных печей, изделий литниковой системы (утеплители прибыли) [8], а также

чугунных тиглей и плавильно-заливочного инструмента.

Таким образом, наиболее эффективным является путь переработки шлака непосредственно на предприятии с использованием его (обогащенного алюминием) для переплава (высокотемпературная переработка) и получение керамических материалов для своего сопутствующего производства (рис. 5).

Литература

1. Волочко А.Т. Переработка и использование алюминиевых отходов в производстве порошков, паст, композиционных и керамических материалов – Минск: Бел. наука, 2006. –302 с.
2. Волочко А.Т., Белов И.А., Бацевичус О.Г.-А. Исследование физико-химических процессов при нагреве жаростойких материалов на фосфатном связующем / Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2003. – №3. – С. 40—43.
3. Волженский А.В. и др. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. - 488 с.
4. Волочко А.Т., Белов И.А. Использование отходов переработки алюминиевых сплавов (стружка, шлаки) в производстве строительных материалов // Архитектура и строительство. – 2005. – № 6. – С. 124—125.
5. Будников П.П., Ильин Д.З. Влияние нагревания гидравлических цементов на их механические свойства и линейные размеры // Цемент, №7, 1937.
6. Пирогов А.А. Огнеупорные бетоны и набивные массы// Труды III Всесоюзного совещания по огнеупорным материалам./ Москва, 1945.
7. Некрасов К.Д., Тарасова А.П. Жароупорные бетоны для полов горячих цехов// Строительная промышленность, № 4, 1952.
8. Ласковнѳв А.П., Волочко А.Т., Овчинников В.В., Макарова Ж.Е. Теплостойкие изделия, полученные с использованием полых керамических микросфер // Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века: тез. докл. междунар. науч.-тех. конф.; Севастополь, 13—16 сент. 2001 г. / Донецкий ГТУ. – Донецк, 2001. – С. 259—261.

УДК 519.8+621.771

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АСПЕКТЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПОПЕРЕЧНОЙ И ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВОЙ ПРОКАТОК

Абрамов А.А., Ляйтэ В.А. ОИПИ НАН Беларуси

Введение

Проведение численного анализа сложной ситуации требует выполнения ряда громоздких процедур, и обработки значительных массивов данных, связанных с моделируемым процессом. В зависимости от типа задачи и типа решателя эти данные имеют определенную структуру, которая задается в процессе создания расчетной модели, т.е. на этапе подготовки или препроцессинга. Если при этом для заданной расчетной модели требуется провести ряд сеансов анализа (что типично при проектировании технологических процессов для поиска оптимальных характеристик), то для упорядочивания информации и организации «отката» необходимы специальные средства, структурирующие данные по нескольким параметрам и позволяющие пользователю быстро получать необходимую информацию. В основе данных средств лежит использование готовых структур моделей численного анализа, характерных для конкретных задач. Поэтому перед их проектированием необходимо определиться со структурой входных данных и правилами их формирования, т.е. разработать методику численного анализа для конкретного типа решателя.

В первой части доклада представлена методика создания расчетной модели численного анализа процессов ПКП. Построение данной методики проведено для решения задачи ПКП в 3D постановке с использованием пакетов инженерного анализа ANSYS, LS-PrePost и LS-DYNA.

Во второй части приводится информация о разрабатываемом в ОИПИ НАН Беларуси программном комплексе, предназначенном для решения вопроса организации процесса численного анализа.

Основные этапы методики численного анализа в задаче поперечно-клиновой прокатки

Построение 3D модели. Построение трехмерной геометрической модели может осуществляться с помощью различных CAD систем (Pro/Engineer, Unigraphics, Solid Works, Solid Edge и др.). Общей рекомендацией при построении модели

независимо от формы и размеров прокатываемой детали является упрощение реальных физических объектов. Процесс упрощения подразумевает удаление из рассматриваемой геометрической модели объекта всех элементов, не участвующих напрямую в моделируемом процессе, и тех ее элементов, которые несущественно влияют на результаты анализа. Это делается для того, что бы уменьшить объем вычислительных ресурсов требуемых при проведении расчета.

Формирование конечно-элементной модели. Задача построения конечно-элементной модели для численного анализа сводится к импорту геометрической модели в одном из нейтральных форматов и генерации сетки, используя пакет ANSYS. Перед созданием сетки назначаются атрибуты элементам для соответствующих фрагментов геометрической модели. В условиях данной задачи такими атрибутами являться: тип элемента и свойства применяемого материала. По уникальной комбинации идентификаторов материала и типа элемента осуществляется группировка элементов на отдельные части. Данная процедура необходима для адекватной постановки задачи: задания перемещений, нагрузок, граничных условий для каждого индивидуального объекта численной модели.

Формирование расчетной модели для численного анализа. Главная задача, которая решается на данном этапе, — это формирование исходных данных расчетной модели на базе импортированной конечно-элементной модели. Сюда входит: задание нагрузок и начальных условий движения частей модели, задание условий контакта между частями модели, задание метода расчета, определение данных и ограничений и др. Для задания этих параметров выбираются соответствующие разделы описания моделируемого процесса. Для упрощения ввода исходных данных в каждый раздел используется удобный и качественный пакет LS-PrePost, позволяющий наглядно в интерактивном режиме задавать ос-

новые опции и параметры при построении расчетной модели, которая в дальнейшем передается в решатель LS-DYNA для вычислений. Ввод исходных данных для каждого из разделов осуществляется с помощью ключевых слов идентификаторов каждого раздела, что создает гибкую, логически организованную и простую для понимания базу данных. Основными разделами являются:

*ELEMENT. Определены идентификаторы для всех конечных элементов.

*NODE. Определены идентификаторы и координаты узловых точек.

*MAT. Заданы определяющие константы для всех материалов модели.

*PART. Определены идентификаторы частей.

*SECTION. Определены формулировки конечных элементов, правила интегрирования, толщина элемента в узлах и характеристики поперечного сечения.

Данные разделы создаются в процессе построения КЭ модели в пакете ANSYS и автоматически формируются при импорте расчетной модели во внутренний формат LS-DYNA. С учетом специфики задачи на этапе построения расчетной модели кроме перечисленных разделов задаются следующие разделы:

*BOUNDARY. Задаются граничные условия.

*CONTACT. Задаются различные типы контактного взаимодействия.

*CONTROL. Задаются параметры управления вычислительными процессами и опции контроля решения задачи.

*DATABASE. Раздел используется для управления выводом данных. С его помощью задается периодичность записи информации в различные базы данных.

*DEFINE. Раздел позволяет вводить задающие кривые, определяющие соотношения и т.п.

*HOURGLASS. Определяются параметры подавления искажения формы элементы по типу песочных часов и характеристики объемной вязкости.

Решение задачи. После определения исходных данных расчетная модель сохраняется в рабочей директории. С помощью менеджера файлов Total Commander со встроенным sftp плагином осуществляется подключение к кластеру и передача входного файла для пакета LS-DYNA из локального каталога в рабочий каталог на кластере. В данном каталоге будут храниться все выходные файлы, полученные в результате расчета. Подключение к кластерам осуществляется с помощью утилиты защищенного терминального дос-

тупа — putty. После указание login-а и пароля, открывается менеджер файлов, с помощью которого открывается рабочая директория. Запуск задачи выполнялся из командной строки с помощью запускающего скрипта — командного файла, в котором определяются версия решателя LS-DYNA и требуемые ресурсы (число процессоров, время решения и т.п.).

Просмотр результатов. Файлы результатов, полученные при решении задачи, хранятся в рабочем каталоге. Для их просмотра используется пакет LS-PrePost.

Разработанная методика позволяет проводить анализа компьютерной модели ПКП с учетом различных особенностей геометрической конфигурации клиньев, их размеров, материала заготовок и закономерностей их формообразования не прибегая к непосредственному изготовлению изделия, а, следовательно, дает возможность проводить оптимизацию технологического процесса производства изделия.

Программные средства подготовки данных численного анализа

Исходные данные для универсальных аналитических пакетов формируются обычно в виде файла со сложной внутренней структурой. Разрабатываемый комплекс ориентирован, прежде всего, на пакет LS-DYNA. Для формирования общей структуры файла исходных данных численного анализа в рамках создаваемого комплекса требуется создание его разделов, включающих описание некоторых моделей одного и того же содержания.

Рис. 1 демонстрирует представление содержимого файла исходных данных, распределенного по разделам. Предполагается, что структура языка описания входных данных аналитического пакета реализуется содержанием соответствующего раздела базы данных комплекса. В соответствии с определенной структурой информации, комплекс автоматически создает в процессе выполнения формы для ввода данных в соответствии с информацией, представленной в базе данных.

Комплекс предоставляет возможность редактирования данных сразу по всем однотипным разделам (на рис. 2 показан случай раздела материалов; в случае, когда атрибуты подраздела не введены в базу, формируется лишь заголовок раздела), что удобно при проведении нескольких сессий численного анализа параллельно, с использованием различных моделей материала.

Поскольку имеется возможность проведения параллельных сессий численного моделирования,

комплекс предоставляет возможность открывать и редактировать несколько файлов исходных данных, отвечающих вариантам описания процесса (рис. 3).

Изменения информации, принятые средствами специальных форм, вносятся в текстовое поле автоматически, однако пользователю должно быть разрешено принудительно син-

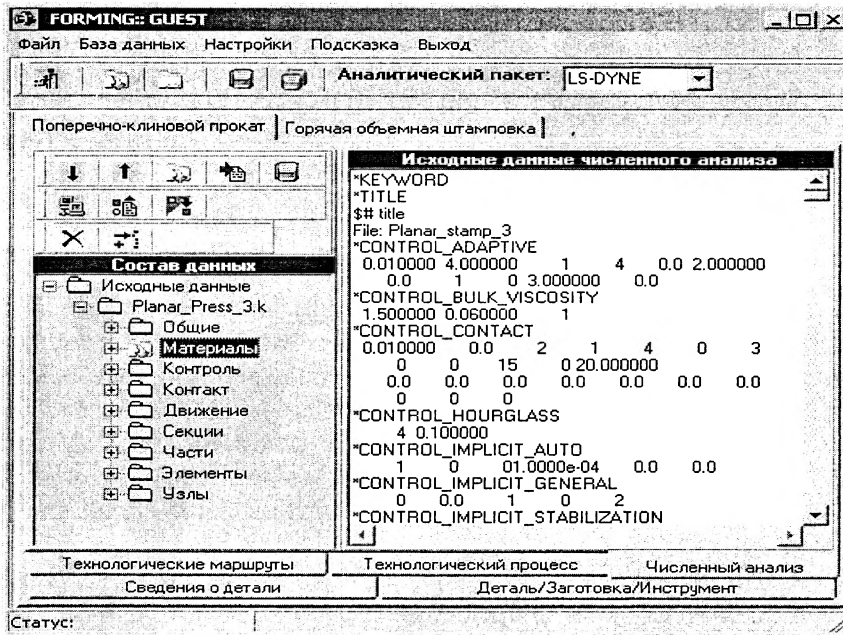


Рис. 1. Разделы файла исходных данных

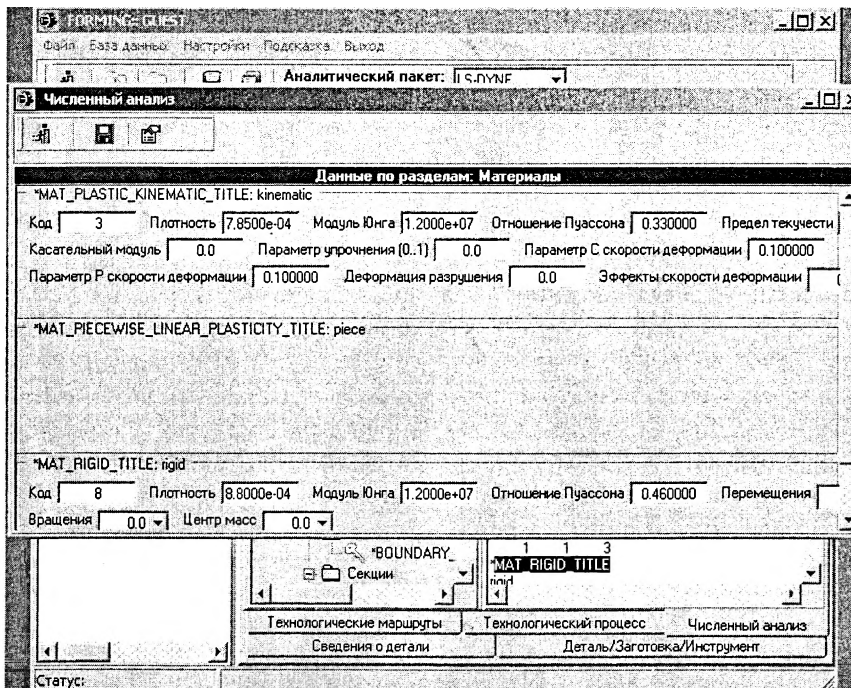


Рис. 1. Интерфейс формирования данных файла исходной информации

Помимо редактирования посредством форм, задаваемых интерфейсом комплекса (рис. 2), имеется возможность прямого редактирования текста файла в текстовом поле (см. рис. 1 — правое поле

хронизировать данные дерева и тестового поля. Помимо прямого редактирования текста, при подготовке исходных данных часто встречается вставка отдельных текстовых блоков, содержа-

щих некоторую информацию. Например, данная функция полезна при использовании шаблона для файла исходных данных: шаблон не содержит блоков, отвечающих конкретным частям (Parts), узлам и элементам объектов.

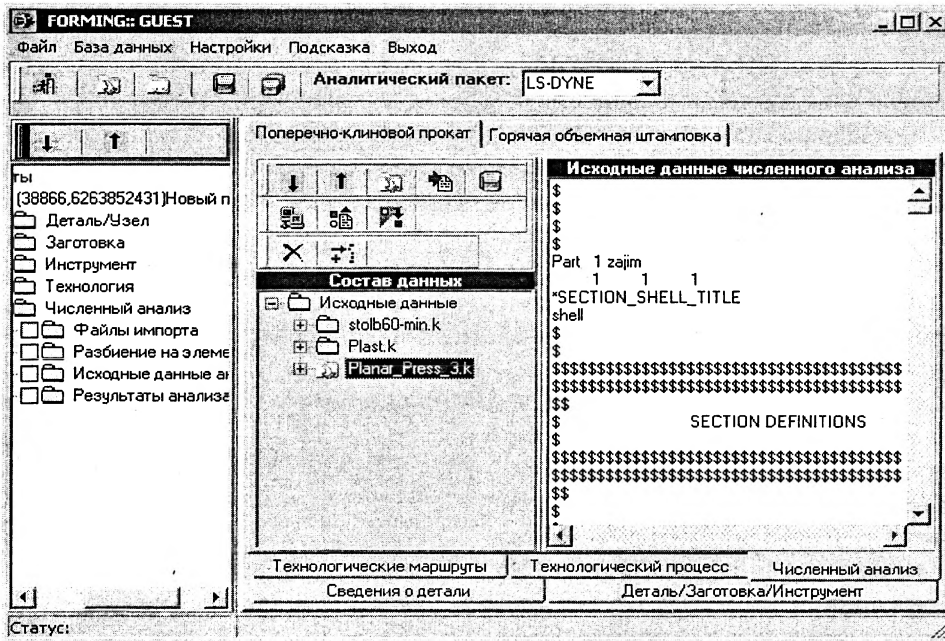


Рис. 2. Возможности редактора исходных данных для численного анализа

Литература

1. LS-DYNA Keyword User's Manual, Volume 1, Livermore Software Technology Corporation, 2001. – 853 p
2. В.А. Клушин, Е.М. Макушок, В.Я. Шукин. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. Мн.: Наука и техника. – 1980. – 280 с.
3. Шукин В.Я., Исаевич Л.А., Кожевникова Г.В. Теория и практика поперечно-клиновой прокатки. Прогрессивные технологии обработки материалов давлением. Материалы международной научно-технической конференции. Часть 2. Минск-БНТУ, 18-22 мая 2004 г.: Мн., УП «Экоперспектива». – 2004. – С. 3.
4. Кожевникова Г.В. Инженерный метод расчета усилий поперечно-клиновой прокатки. Материалы международной научно-технической конференции. Часть 2. Минск-БНТУ, 18-22 мая 2004 г.: Мн., УП «Экоперспектива». – 2004. – С. 77.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Ляйтэ В.А., к.ф.-м.н., ОИПИ НАН Беларуси

Введение

В настоящее время использование суперкомпьютеров в мировой практике при моделировании сложных технических процессов является общепринятым. В силу исторических условий, для нашего региона суперкомпьютеры пока еще явля-

ются новым средством, и в настоящее время идет активный процесс привлечения их к решению задач технологической подготовки производства.

ОИПИ НАН Беларуси имеет опыт численного моделирования средствами пакета LS-DYNE – признанного лидера среди пакетов, реализующих

метод конечных элементов для численного моделирования широкого перечня процессов.

Данный опыт, а также исследования, проводимые в рамках Программы союзного государства «Триада», по технологическому проектированию горячей поперечно-клиновой прокатки (ПКП), выявили ряд проблем, порожденных использованием численного моделирования с привлечением кластерной вычислительной техники. Данные проблемы порождены значительным объемом и неоднородностью дополнительной информации, требуемой для численного анализа. Методология их решения реализуется в разрабатываемом нами программном обеспечении, позволяющем структурировать требуемые данные и сохранять взаимосвязи между ними.

В докладе изложены основные концепции и приведены примеры интерфейсов программного продукта, разрабатываемого в ОИПИ НАН Беларуси. В [1] – [4] содержится необходимая информация о технологических ограничениях метода ПКП.

Проект и его структура

В общих чертах этапы проектирования рассмотрены в [5], а также обсуждены выше. Сказанное в предыдущем подразделе означает, что комплекс должен поддерживать понятие проекта, ориентированное на задачу ТП для метода ПКП.

Аналогичные средства в настоящий момент встраиваются во многие системы САПР (например, система Inventor, «выросшая» из САД-пакета, в настоящий момент претендует на уровень PDM-системы, и включает не только архив результатов конструкторского проектирования, но систему технического документооборота).

В рамках комплекса понятие ведения проекта означает поддержку корректного выполнения операций, обозначенных на диаграмме рисунка 1.1. Предполагается включение комплекса в единую информационную (корпоративную) систему предприятия, которая – в соответствии со стан-

дартами систем такого класса – располагает собственными средствами, как организации документооборота, так и контроля выполнения проводимых в рамках предприятия работ.

Специфика же ТП для метода ПКП вынуждает создавать специфические средства организации данных для проектирования.

Ниже приводится анализ структуры проекта комплекса, иллюстрированный на макете программного обеспечения комплекса, создаваемого в рамках программного эксперимента по разработке пользовательских интерфейсов.

Анализ этапов и необходимой для их выполнения информации позволяет сформировать структуру проекта, отраженную на рис. 1.

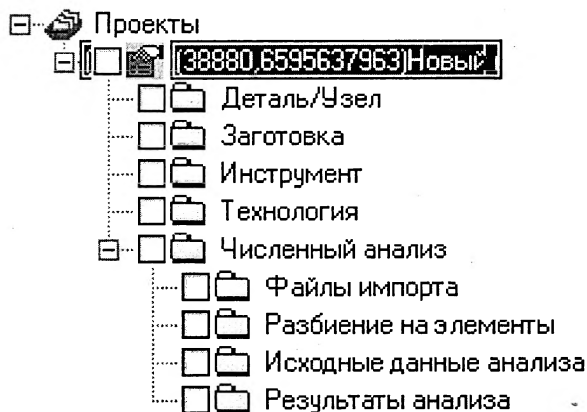


Рис. 1. Структура проекта

Формирование уникального кода проекта предназначено для однозначной его идентификации (по аналогии с конструкторскими обозначениями для узлов / деталей).

Каждая из папок проекта предназначена для связывания с файлом, содержащим информацию требуемого типа. Программное обеспечение должно содержать путь к данным, и их условное название, помогающее ориентироваться в ситуации — см. рис. 2.

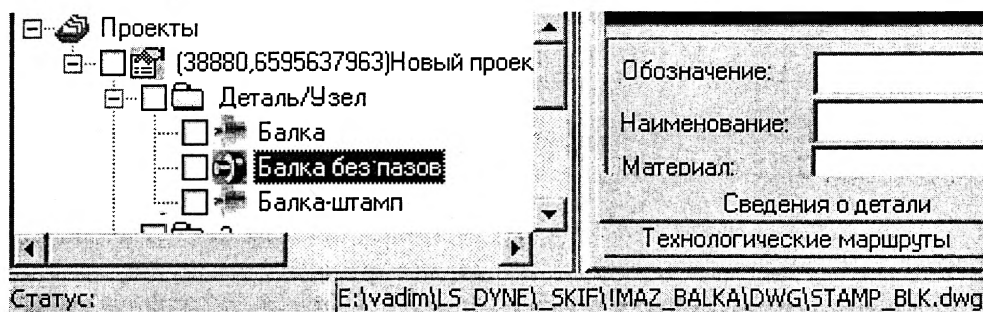


Рис. 2. Способ присоединения данных к проекту

Концепция проекта подразумевает структурирование информации и организацию максимально простого доступа к ней. Следовательно, программное обеспечение комплекса помимо сведений конструкторско-технологического характера и аналитических данных, должна содержать сведения о собственно проекте. Эта информация носит организационный характер и мобильно изменяется при разработке проекта. В окончательной форме результата значительная ее часть может не присутствовать.

Доступ к данным каждого из файлов, привязанных к проекту, осуществляется через приложение, создавшее его или допускающего импорт. Открывать нужное приложение можно, например, двойным щелчком мыши на позиции данного файла в дереве проектов (см. рис. 3).

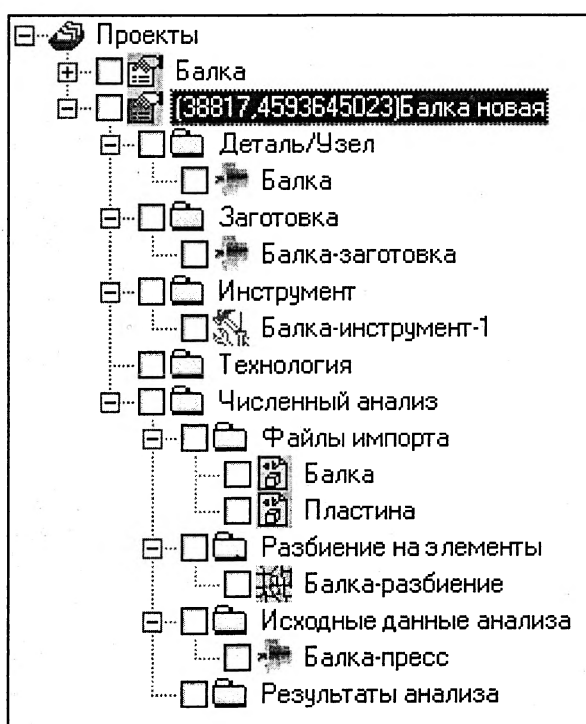


Рис. 3. Параллельное выполнение нескольких проектов

Поскольку каждый пользователь может вести несколько независимых проектов (см. рис. 3), комплекс должен позволять запоминать каждый проект отдельным файлом.

Литература

1. В.А. Клушин, Е.М. Макушок, В.Я. Щукин. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки. Мн.: Наука и техника. – 1980. – 280 с.
2. Щукин В.Я., Кожевникова Г.В. Основы теории поперечно-клиновой прокатки. – Прогрессивные технологии поперечно-клиновой прокатки. Материалы международной научно-технической конференции. 4-6 июня 2002 г.: Мн., УП «Технопринт». – 2002. – С. 11.
3. Кожевникова Г.В. Инженерный метод расчета усилий поперечно-клиновой прокатки. Материалы

Технологический процесс

Особым подразделом проекта является папка «Технология». Эта папка должна содержать технологические процессы (возможно, несколько), создаваемые при выполнении проекта.

Поскольку структура технологического процесса имеет иерархический характер, то данные о нем совместимы со структурой проекта. Это означает, что соответствующая папка должна содержать ряд деревьев, отвечающих описаниям технологических процессов (и их вариантов), разрабатываемых технологом в рамках проекта.

В соответствии с отчетами [5-7], в технологическом процессе изготовления поковки может содержаться ряд операций общего назначения (транспортные, заготовительные и др.), а также операции из других переделов. Информацию к операциям и их переходам следует организовывать в виде подчиненных узлов; строки текста этих узлов должны содержать соответствующие операции/переходу значения параметров (например, оборудование и операционные нормы для операции, инструмент, приспособления, материалы и нормы и т.д. — для переходов).

Требуется также разработка средства формирования технологических маршрутов, к которым привязывается технологический процесс. В общем случае, для решения этой задачи достаточно формирования классификатора подразделений предприятия (т.к. технологический маршрут представляет собой последовательность «пунктов», — цехов/участков/рабочих мест).

Примерный интерфейс приведен на рис. 4.

Ситуация в данном вопросе осложняется тем, что подобные классификаторы (как и аналогичные структуры для технологических операций и технологических переходов) имеются также и в корпоративной информационной системе предприятия. Следовательно, комплекс должен располагать средствами импорта соответствующих данных из внешней базы, и размещение ее в собственных структурах.

международной научно-технической конференции. Часть 2. Минск-БНТУ, 18-22 мая 2004 г.: Мн., УП «Экоперспектива». – 2004. – С. 77.

4. Щукин В.Я. Расчет усилий поперечно-клиновой прокатки методом нижней оценки. Материалы международной научно-технической конференции. Часть 2. Минск-БНТУ, 18-22 мая 2004 г.: Мн., УП «Экоперспектива». – 2004. – С. 91.
5. Провести анализ существующих модельных представлений, объясняющих особенности строения и аномальные свойства различных поликристаллических материалов на различных структурных уровнях. Провести анализ моделей численного анализа, ориентированных на задачи пластического формообразования/Отчет по ГНТП «Триада», задание ПА2.4, 4-й квартал 2005 г.
6. Сформировать требования к библиотеке параметризованных 3d-моделей инструментов для поперечно-клинового проката; создать 2-3 модели/Отчет по ГНТП «Триада», задание ПА2.4, 1-й квартал 2006 г.
7. Сформировать основные модели численного анализа горячего поперечно-клинового проката / Отчет по ГНТП «Триада», задание ПА2.4, 2-й квартал 2006 г.

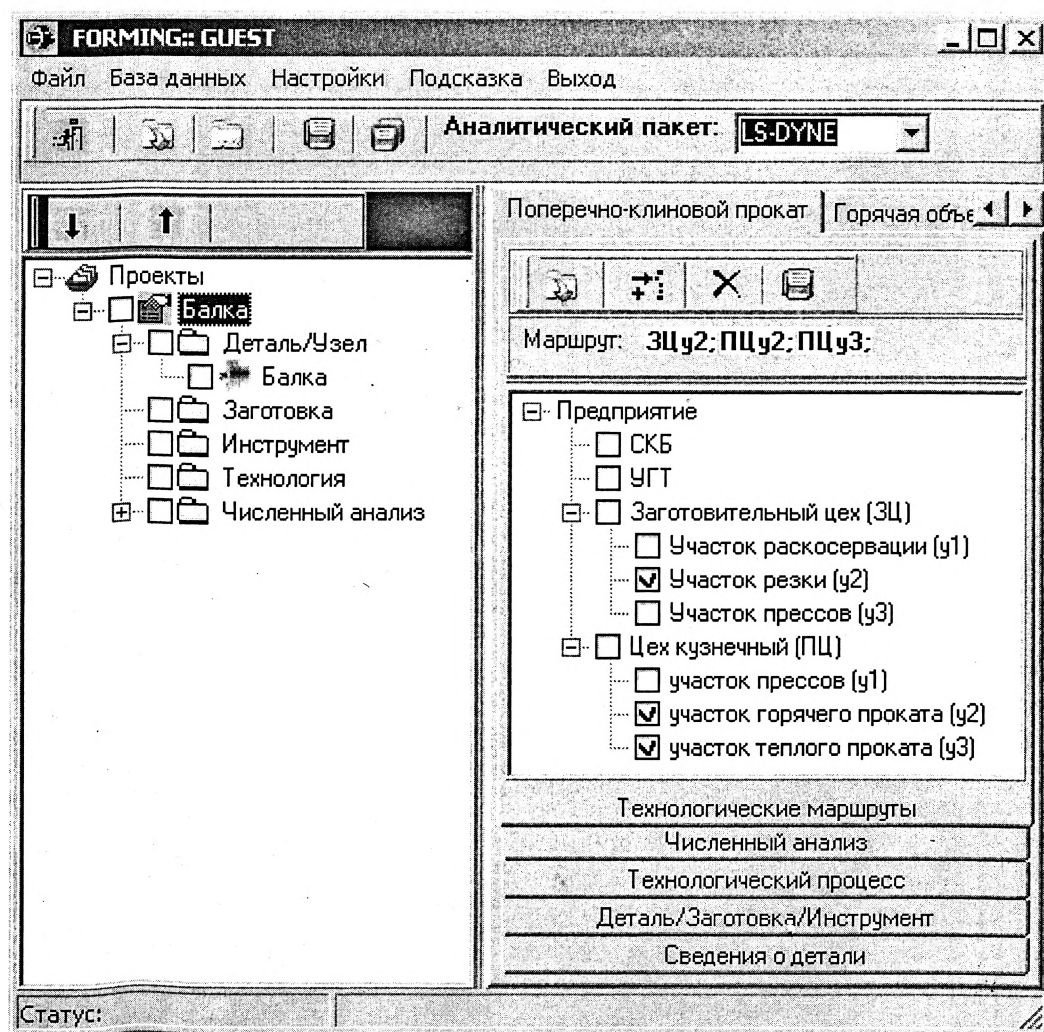


Рис. 4. Модуль формирования технологических маршрутов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ АКАДЕМИИ МЕХАНИК

Сохранился рассказ о встрече Суворова и Кулибина на празднике у Потемкина: «Как только Суворов увидел Кулибина на другом конце залы, он быстро подошел к нему, остановился в нескольких шагах, отвесил низкий поклон и сказал:

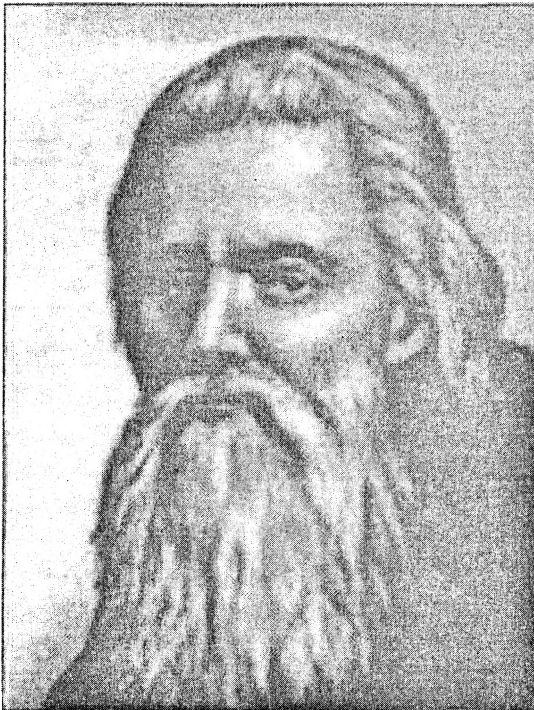
—Вашей милости!

Потом, подступив к Кулибину еще на шаг, поклонился еще ниже и сказал:

—Вашей чести!

Наконец, подойдя совсем к Кулибину, поклонился в пояс и прибавил:

—Вашей премудрости мое почтение!»



Иван Петрович Кулибин — выдающийся изобретатель и механик-самоучка — родился в апреле 1735 г. в Нижнем Новгороде, в семье мелкого торговца мукой. «Выучка у дьячка» — его единственное образование. Отец не дал сыну школьного образования, полагая, что будущему торговцу оно ни к чему. Однако сын томился за нелюбимым делом и, как только выпадала свободная минута, предавался любимому занятию — механике.

В саду отцовского дома был гнилой пруд. Юный Кулибин придумал гидравлическое устройство, при котором вода с соседней горы собиралась в бассейн, оттуда шла в пруд, а лишняя вода из пруда выводилась наружу, превращая пруд в проточный, в котором могла водиться рыба.

Но особой его страстью были часы.

Купец Михаил Костромин первым разглядел талант местного чудака и не побоялся вложить средства в его изобретения. Екатерина II, взо-

шедши на престол, предприняла ряд путешествий, как она говорила, «в Азию», то есть по Волге от Твери до Симбирска. Ожидалось, что императрица удостоит своим вниманием Нижний Новгород. И Кулибин задумал изготовить к ее приезду необычные часы. Своим планом он поделился с купцом М.Н. Костроминим, хорошим знакомым своего отца — тоже купца из староверов. Несколько лет Костромин содержал всю семью мастера и его помощника Алексея Пятерикова, выделял средства на приобретение необходимых инструментов и материалов.

В результате Кулибину удалось осуществить устройство весьма сложных часов, имевших форму яйца: в нем ежечасно растворялись маленькие царские двери, за которыми виднелся Гроб Господень с вооруженными воинами по сторонам. Ангел отваливал камень от гроба, стража падала ниц, являлись две мирносицы; куранты играли три раза молитву «Христос воскрес», и двери затворялись.

Часы были преподнесены императрице, которая по достоинству оценила способности нижегородского мастера.

Высочайшим указом Кулибин был назначен заведующим механической мастерской Петербургской академии наук.

За руководство мастерскими и работу в них ему положили 350 рублей в год.

Через несколько месяцев после начала работы Кулибина в академии академик Румовский освидетельствовал выполненный новым механиком «грегорианский телескоп». По докладу Румовского 13 августа 1770 г. в протоколах академической конференции записали: «...в рассуждении многих великих трудностей, бываемых при делании таких телескопов, заблагорассуждено художника Кулибина поощрить, чтобы он и впредь делал такие инструменты, ибо не можно в том сомневаться, что он в скором времени доведет оные до того совершенства, до которого они приведены в Англии».

Откликнувшись на вызов англичан сделать «лучшую модель такому мосту, который бы состоял из одной дуги или свода без свай, и утверждён бы был концами своими только на берегах реки», Кулибин собственными исчислениями в 1773 г. дошел до практических выводов, а в декабре 1776 г. демонстрировал на академическом дворе перед собранием ученых 14-саженную модель моста. Екатерина II, «с крайним удовольствием» принявшая донесение о столь важном изобретении отечественного механика, приказала наградить его 2000 руб. и большой золотой медалью. А мост? Строить мост никто не собирался. Модель его приказано было «сделать приятным зрелищем публики, которая ежедневно во множестве стекалась удивляться оной». Вскоре интерес к модели и у правительства, и у публики остыл. В 1793 году был издан указ перенести ее в сад Таврического дворца и там перебросить через канал. Такова была судьба модели деревянного одноарочного моста, о которой знаменитый мостостроитель Д.И. Журавский сказал: «На ней лежит печать гения».

ОБОГНАВШИЙ ВРЕМЯ

Понимая исключительное значение быстрой связи для такой страны, как Россия, с обширнейшими ее просторами, Кулибин начал в 1794 г. разработку проекта семафорного телеграфа. Он отлично решил задачу и разработал, кроме того, оригинальный код для передач. Но только через сорок лет после изобретения Кулибина в России были устроены первые линии оптического телеграфа. К тому времени проект Кулибина был забыт, а установленному менее совершенный телеграф Шато правительство заплатило сто двадцать тысяч рублей за привезенный из Франции «секрет».

Так же печальна судьба еще одного из великих дерзаний талантливого самоучки, разработавшего способ движения судов вверх по течению за счет самого течения реки. «Водоход» — так было названо судно Кулибина, удачно испытанное в 1782 г.

«Множество народа собралось на берегах Невы, желая посмотреть, как пойдет судно без парусов и весел, против ветра и течения, единой СИЛОЙ ТОЙ же текущей воды». Когда оно пошло так быстро, что двухвесельный ялик едва мог держаться с ним наравне, громкое «ура» грянуло в привет русскому самоучке, который, стоя на сво-

ем судне, сам управлял машиной. За это изобретение Кулибин был награжден пятью тысячами рублей, но в действие его судно так и не было введено. В социально-экономических условиях того времени суда с бурлацкой тягой были выгоднее машинных судов.

В царствование Александра I Кулибин попросил выдать ему вперед за два года его жалованье, которое он собирался израсходовать на постройку нового судна. В случае неудачи все расходы он принимал на себя. Царь удовлетворил просьбу изобретателя. Судно было испытано в 1804 г. С грузом в восемь тысяч пятьсот пудов судно шло против течения со скоростью 409 сажень в час. Но, увы, охотников применить машинное судно Кулибин, как и 12 лет назад, так и не нашел. На Волге, как и встарь, бечевою тянули суда и раздавалась бурлацкая песня, «подобная стону». А машинное судно стояло у берега и гнило, пока его не продали за 200 рублей на дрова.

В 1791 году Кулибиным была изготовлена повозка-самокатка, в которой он применил маховое колесо, тормоз, коробку скоростей; повозка приводилась в движение человеком, нажимавшим на педали: «Слуга становился на запятки в приделанные туфли, подымал и опускал ноги попеременно без всякого почти усилия, и одноколка катилась довольно быстро». Она могла везти «одного или двух праздных людей». В том же году он разработал конструкцию «механических ног» — протезов. Военные хирурги признали изобретенный Кулибиным протез самым совершенным из всех тогда существовавших. Но и это изобретение не принесло Кулибину ничего — все лавры достались после войны 1812 года одному из французских предпринимателей. Из многочисленных изобретений Кулибина до нас дошли лишь знаменитые часы «яичной фигуры», ставшие для изобретателя пропуском в Академию наук С.-Петербурга (ныне они хранятся в Государственном Эрмитаже).

К сожалению, необыкновенно талантливый Кулибин был малообразован и нередко трудился над тем, что уже было известно до него. В конце жизни он увлекся созданием вечного двигателя и, потратив все свои сбережения на несбыточную мечту, умер в нищете.

По материалам журнала «Инженер»

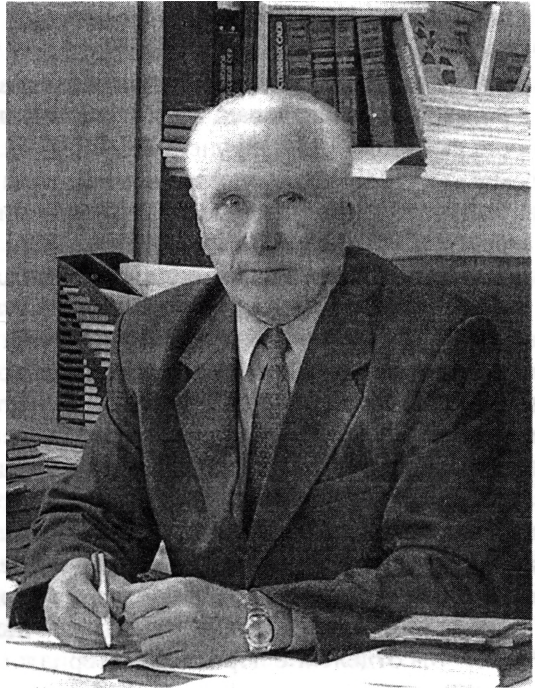
АКАДЕМИК ПЕТР АЛЕКСАНДРОВИЧ ВИТЯЗЬ

Академик Петр Александрович Витязь — с 1997 года Вице-президент, а с 2002 года — Первый вице-президент (ныне — Первый заместитель председателя Президиума) НАН Беларуси.

Почему так случилось, что «человек со стороны», не из стен академии, был избран большим коллективом ученых в Президиум НАН Беларуси и стал одним из ее руководителей?

Ответ на этот вопрос дает сама жизнь, научная и «ненаучная» биография этого человека.

Сегодня П.А. Витязь в НАН Беларуси отвечает за целый ряд важнейших вопросов — от обновления материально-технической базы белорусской науки до оздоровления ее молодых представителей и ветеранов в академическом санатории-профилактории «Ислочь». Он курирует международное научно-техническое сотрудничество НАН Беларуси с зарубежными странами, научными сообществами и фондами, руководит формированием и выполнением научно-технических программ Союзного государства, отвечает за экспорт научной продукции. Многочисленные международные научно-технические



конференции, которые стали регулярно проводиться в Беларуси со все большим количеством участников из ближнего и дальнего зарубежья, международные выставки в Беларуси и за ее пределами, на которых разработки ученых НАН Беларуси и не только получают дипломы и другие награды — П.А. Витязь не просто формальный член оргкомитета или его председатель, но и деятельный организатор. Область научных интересов П.А. Витязя широка — материаловедение композиционных материалов, технологии машиностроения, нанотехнологии. Однако не забывает он и свою «первую любовь» — порошковую металлургию, концерн, институт порошковой металлургии, в стенах которого П.А. Витязь прошел путь от научного сотрудника до директора, в творческой атмосфере которого, созданной основателем — академиком О.В. Романом, сформировался научный кругозор, накапливался практический опыт ученого и руководителя, реализовался талант и способности, оказавшиеся востребованными в непростое время и в НАН Беларуси.

В 1960 г. П.А. Витязь окончил Белорусский лесотехнический институт по специальности инженер-механик. В 1961 году, работая мастером на заводе «Ударник», один из первых в Беларуси поступил в аспирантуру по тематике порошковой металлургии и совершенно закономерно перешел на работу в лабораторию порошковой металлургии, помещения для которой выделил в том же году завод, понимая всю важность и широкие

перспективы этой новой технологии как для собственного производства, так и для промышленности Беларуси в целом. Молодой инженер и ученый П.А. Витязь увлекся новым тогда направлением — использованием импульсных технологий для формирования структуры и свойств порошковых композиционных материалов. По этой тематике он в 1970 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. К 1972 году и лаборатория выросла из «коротких штанишек» и стала полноценным научно-исследовательским институтом с опытным производством.

В 1977 году, при подготовке и проведении в Минске Второй международной выставки «Порошковая металлургия» особенно ярко проявились организаторские способности уже зрелого ученого П.А. Витязя. Предварительно были тщательно изучены каталоги фирм-участников, по каждой фирме определены и подготовлены сотрудники Института порошковой металлургии, которые работали на стенде вместе с зарубежными специалистами, давали объяснения посетителям, и, одновременно, проводили исследования материалов и образцов института, что позволило не только сделать качественный рывок в НИР, но и выбрать те наилучшие образцы исследовательского и лабораторного оборудования, которые были закуплены по окончании выставки. Они послужили базой для одного из лучших не только в Беларуси, но и в СССР, отдела физико-химических методов исследований, созда-

телем которого стал П.А. Витязь, а долголетним руководителем был Чекан В.А. И на последующих выставках «Порошковая металлургия» в Минске в 1977–1989 гг. П.А. Витязем, в соответствии с развитием и изменением основных направлений научной и производственной деятельности института, приобретались новейшие научные приборы, аналитические системы, первые персональные компьютеры, до сих пор используемые для изучения микро- и макроструктуры, свойств разрабатываемых материалов, сертификации и контроля качества изделий.

Завязавшиеся у П.А. Витязя многочисленные контакты с зарубежными учеными и специалистами, научная стажировка в Швеции, из которой он привез маленький фильтрующий элемент, спеченный из порошка бронзы, побудили у него интерес еще к одному из направлений порошковой металлургии — пористым порошковым материалам (ППМ). В 1972 году П.А. Витязем была создана в институте маленькая группа, на базе которой в 1977 г. была создана лаборатория пористых материалов, в 1981 г. она переросла в отдел, а в 1993 г. — в отделение пористых материалов.



Одной из первых разработок нового направления в 70-е годы 20 века, выполненной по инициативе, под руководством и непосредственным участием П.А. Витязя, стали спеченные из порошка бронзы пористые фильтрующие элементы для Могилевского ПО «Химволокно», без которых могло остановиться на нем производство основной продукции, так как странами Запада в то время был наложен запрет на поставку технологического обо-

рудования, комплектующих к нему в СССР.

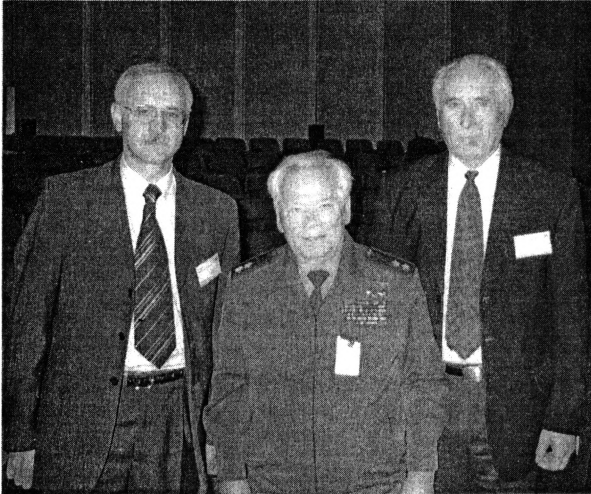
Первые «пробы пера», первый опыт создания фильтрующих пористых материалов из металлических порошков, показал П.А. Витязю, наряду с достоинствами этих материалов, их недостатки, над устранением которых следует систематически и целенаправленно работать. Самое главное, что П.А. Витязю удалось понять, что надо делать в этом направлении, а его ученикам — В.К. Шелегу, В.М. Капцевичу, Р.А. Кусину, Л.П. Пилиневичу и другим — существенно повысить эксплуатационные характеристики ППМ, создать гамму технологических процессов, методов и приемов регулирования структуры и свойств ППМ, прогнозирования и получения их заданных значений.

В области фильтрующих материалов из ППМ значительных объемов достиг к концу 80-х годов XX века освоенный по инициативе П.А. Витязя на МолЗПМ выпуск фильтроэлементов для очистки расплавов полимеров, применявшихся на ПО «Тасма», ПО «Свема», Владимирском химическом заводе и др. в объемах до сотен тысяч штук в год.

Рост мощностей в энергетике СССР к началу 80-х годов XX века потребовал разработки новых типов устройств для коммутации больших (свыше 1–2 кА) токов и, как следствие, создания эффективных устройств для их охлаждения, основанных на новых физических принципах. Эту задачу П.А. Витязю также удалось успешно решить вместе со своими учениками — В.К. Шелегом, В.Б. Медведевым, В.В. Мазюком, В.В. Сениным и др. Ими, на базе результатов теоретических и экспериментальных исследований процессов тепло- и массопереноса в ППМ, капиллярных явлений в ППМ, была разработана конструкция тепловых труб с капиллярно-пористой структурой из порошка меди, технология и оборудование для их изготовления, а на Молодечненском заводе порошковой металлургии, впервые в СССР, в 1986 году был введен в эксплуатацию цех по серийному производству таких тепловых труб и теплоотводов на их основе для охлаждения силовых полупроводниковых приборов. В том же году на заводе был введен в эксплуатацию и цех по производству фильтрующих ППМ. Так результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных коллективом сотрудников отделения пористых материалов под руководством академика П.А. Витязя, нашли достойное практическое применение.

Таким образом, П.А. Витязем была создана получившая заслуженное признание у коллег школа в области теории и практики получения эффективных ППМ. Первым доктором технических наук в этой области стал в 1983 году сам

П.А. Витязь, в 1989 г. доктором наук стал В.К. Шелег, в 1990 году — В.М. Капцевич, а уже в 21 веке — К.Е. Белявин, А.Н. Леонов и Л.П. Пилинович, который выполнил свою работу непосредственно под руководством академика П.А. Витязя.



К началу 90-х годов 20 века внимание П.А. Витязя привлекло еще одно перспективное направление — газотермические защитные покрытия. В институте это направление потребовало внимания еще и потому, что к этому времени в отделении защитных покрытий довольно часто менялись руководители, разными темпами развивались НИР в его лабораториях. Уже тогда П.А. Витязь обратил внимание на молодого и перспективного заведующего лабораторией плазменных покрытий А.Ф. Ильющенко, который в 1993 году возглавил отделение, в 1997 году достойно сменил его на посту директора института, а в 1998 году успешно защитил выполненную под руководством П.А. Витязя диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. В это время по инициативе и под непосредственным руководством П.А. Витязя в отделении А.В. Беляевым с сотрудниками были начаты работы по созданию композиционных порошков заданного фазового и химического состава методами самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), которые сегодня составляют значительную долю экспортной научно-технической продукции института и поставляются в США, ФРГ, Индию, Польшу и другие страны. Под руководством П.А. Витязя выполнено и продолжает выполняться ряд совместных научных проектов по тематике СВС-порошков с ведущими исследовательскими центрами России, Украины, Индии, Франции, Великобритании, Польши. В целом белорусской школой ученых под руководством П.А. Витязя достигнуты значительные успехи в

области развития теории процессов формирования газотермических процессов, которые получили всемирное признание ведущих научных школ Западной Европы и Северной Америки. Впервые под руководством академика П.А. Витязя и профессора А.Ф. Ильющенко разработаны физико-математические модели движения и нагрева распыляемых частиц, модели формирования покрытия в условиях рабочих сред заданного состава и давления, адекватно отражающие реальные процессы напыления, что позволило определить основные направления повышения эффективности формирования покрытий. Всего академиком П.А. Витязем и его учениками опубликованы за последние годы 16 монографий, посвященных различным аспектам теории и практики нанесения защитных покрытий различными методами.

Используя накопленный в Беларуси научный и производственный потенциал в 1994 году П.А. Витязь, зная обострившиеся проблемы с обеспечением машиностроительного комплекса республики алмазными порошками и алмазным инструментом, которого в бывшем СССР потреблялось свыше 15 млн. карат, выдвинул идею о концентрации сил научных, инженерно-технических и производственных коллективов и создании в республике новой для нее алмазной отрасли. В начале 1995 года идея П.А. Витязя получила свое воплощение в виде государственной научно-технической программы (ГНТП) «Алмазы и сверхтвердые материалы» (далее «Алмазы»), имеющей финансовую поддержку из средств государственного бюджета. Программа получила одобрение со стороны Совета Министров Республики Беларусь и Комитета по науке и технологиям, Национальной академии наук Беларуси, а также ряда промышленных предприятий республики. В статусе ГНТП она функционировала в период 1996–2005 гг., а, начиная с 2006 г., выполняется в рамках подпрограммы «Алмазы» ГНТП «Новые материалы и технологии». Результатом усилий отечественных ученых и специалистов создано и успешно развивается отечественное алмазное производство, направленное не только на максимальное полное удовлетворение потребностей предприятий в высококачественной алмазной продукции, но и на расширяющийся экспорт, сформирована и целенаправленно реализуется научно-техническая политика в области сверхтвердых материалов.

Находясь в должности Первого заместителя Председателя Президиума НАН Беларуси, П.А. Витязь смог привлечь для решения поставленных программой задач ведущие академические институты, такие как Объединенный институт физики твердого тела и полупроводников, Институт механики и надежности

машин, Институт механики металлополимерных систем, Физико-технический институт, Институт тепло- и массообмена, Белорусский государственный научно-производственный концерн порошковой металлургии, Инженерный центр «Плазмотег», научные коллективы Министерства образования (БГУ НИИ ПФП им. А. Севченко БГУ, НИИ ФХП БГУ, БНТУ, БГУИР, ГГУ, а также РАУП «Гомельское ПО «Кристалл», УП НПК «Планар», НПО «АЛТЕХ», ЗАО «Синта» и др.



В 2003 г., снова идея и организаторский талант П.А. Витязя, смогли объединить ученых и специалистов институтов и организаций НАНБ, ВУЗов Беларуси на проведении НИР в одном из самых перспективных направлений современного материаловедения — наноразмерных объектах, технологиях их получения, формования и переработки в рамках Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Наноматериалы и нанотехнологии». В настоящее время развитие нанотехнологий признано большинством промышленно развитых стран важнейшим направлением научно-технического и технологического развития, определяющим место страны в мировом сообществе, ее прогресс в целом. Работы еще находятся на начальном этапе, хотя отдельные предварительные результаты были получены ранее, однако следует ожидать открытия новых физических закономерностей, связанных с малым размером структурных элементов, на основе которых возможно создание принципиально новых структур с необычными свойствами, которые не могут быть достигнуты в случае обычных материалов. Созданные в результате выполнения программы уникальные материалы и устройства на их основе, новые технологии их получения, позволят расширить возможности экспорта наукоемкой продукции, обеспечить более высокий уровень технологических решений в промышленности Бе-

ларуси, наладить выпуск совершенно новых видов изделий, а также повысить престиж и закрепить высокий авторитет белорусской науки в СНГ и странах дальнего зарубежья.

П.А. Витязь, интересуясь и дальше новыми научными направлениями, увлекая в новые НИР специалистов НАН Беларуси, продолжает уделять большое внимание научно-организационной работе, подготовке кадров высшей квалификации, педагогической деятельности: является членом Президиума ВАК Республики Беларусь; членом Совета по координации фундаментальных исследований НАН Беларуси; заместителем Председателя Межведомственного научно-технического совета Министерства промышленности Республики Беларусь; членом Координационного совета технических ВУЗов Республики Беларусь; членом Научно-технического совета по Государственной программе развития порошковой металлургии и сварки в Республике Беларусь и многих других специализированных ученых советов НАН Беларуси, университетов, министерств. Он член редакционной коллегии американского журнала «Advanced Performance Materials», главный редактор издающегося ежегодно уже 29 лет республиканского сборника научных трудов «Порошковая металлургия», член редколлегии других международных журналов.

За личный вклад в развитие отечественной науки академик* П.А. Витязь награжден медалями «За доблестный труд», «Франциска Скорины», орденами «Дружбы народов», «Отечества III степени».

Выдающаяся работоспособность, созидательная энергия, широчайший научный кругозор, увлеченность и высокая самоотдача, настойчивость в достижении малых и больших целей, требовательность к себе и к коллегам, при этом — доброта, человечность, доступность и обаяние — вот главные черты П.А. Витязя.

6 августа П.А. Витязю исполнилось 70 лет.

Поздравляя известного ученого, академика Национальной академии наук Беларуси, Лауреата Государственной премии БССР и премии Совета Министров СССР, премий НАН Беларуси и Сибирского отделения РАН им. В.А. Коптюга, академика Академии военных наук Российской Федерации и Международной Академии Евразии, Заслуженного деятеля науки Беларуси, доктора технических наук, профессора П.А. Витязя с юбилеем, желаем ему здоровья, творческих сил, долгих и плодотворных лет служения белорусской науке, реализации всех идей и замыслов в достойных учениках и продолжателях.

КАВАЛЕР ОРДЕНА «ПОБЕДА»

УКАЗОМ Президиума Верховного Совета СССР от 8 ноября 1943 года был учрежден высший военный орден «Победа» для награждения лиц высшего командного состава Красной Армии за успешное проведение таких боевых операций в масштабе одного или нескольких фронтов, в результате которых в корне менялась обстановка в пользу Красной Армии. За годы войны ордена «Победа» были удостоены всего 11 советских военачальников. Одним из них был наш земляк А.И. Антонов. Он был единственным из всех генералов, кто был удостоен полководческого ордена «Победа».

Генерал армии Алексей Иннокентьевич Антонов был видным военным деятелем, одним из самых талантливых советских военачальников. Он прошел путь от штабного работника дивизии до начальника Генерального штаба Советских Вооруженных Сил.

С августа 1941 года генерал Антонов был начальником штаба Южного, Северо-Кавказского фронтов, Черноморской группы войск и Закавказского фронта. С декабря 1942 года 1-й заместитель начальника Генерального штаба и начальник его Оперативного управления, с мая 1943 года 1-й заместитель начальника Генштаба, а с февраля 1945 года начальник Генштаба Вооруженных Сил СССР. С 17 февраля 1945 года Антонов входил в состав Ставки Верховного Главнокомандования.

С декабря 1942 года и до конца Великой Отечественной войны ни одна более или менее значительная боевая операция не прошла без участия А.И. Антонова в ее планировании и подготовке. Автором замыслов и планов некоторых операций был он сам, а в планирование многих, начиная с Курской битвы, внес значительную лепту.

В основу замысла операции он брал задачу сосредоточения сил и разгрома какой-нибудь определенной группировки противника, никогда не подменяя ее только задачей захвата территории.

А.И. Антонов не допускал ни малейшего послабления ни себе, ни подчиненным, являясь образцом собранности и дисциплинированности. Эту важную черту его характера отмечал начальник Генштаба (в 1942–1945 годах) маршал А.М. Василевский.

Просматривая архивные материалы Ставки Верховного Главнокомандования, обращаешь внимание на то, что с конца 1943 года большинство директивных документов подписаны Сталиным вместе с Антоновым или одним Антоновым от имени Ставки. Сталин, по своему обыкновению, долго

присматривался к этому генералу. Прирожденный штабист, человек высокой культуры, Антонов довольно быстро завоевал расположение и доверие Верховного Главнокомандующего.

Сталин не любил часто менять людей около себя. В его возрасте привыкать к новым людям было непросто. А здесь ежедневные доклады о положении дел на фронтах. Когда начальник Генштаба Василевский выезжал в войска, он даже привык, к докладам заместителя начальника Генштаба по политчасти Ф.Е. Бокова, не очень сильного в оперативных вопросах. Но где-то в конце марта 1943 года он приказал доложить в первый раз А.И. Антонову. Доклад был кратким, но обстоятельным. Сталин не подал виду, что «проба» прошла хорошо. Сухо распрощался. А уже через два–три месяца частое общение Верховного с четким, умным и немногословным молчаливым генералом сделало Антонова одним из ближайших военных помощников Сталина!

Алексей Иннокентьевич понимал, что он, замещая долгими месяцами начальника Генштаба, а затем и заняв эту должность, находится в более выгодном положении, чем предшественники. К моменту его прихода в Генштаб сложился определенный порядок круглосуточной деятельности, накопился значительный опыт работы в Ставке. Но будучи педантичным, в хорошем смысле этого слова, Антонов, как, пожалуй, никто до него, внес немало нового в упорядочение работы Генштаба. Им были установлены точные сроки обработки информации, время докладов представительной разведки, тыла, фронтов, резервных формирований. Он четко распределил обязанности между своими заместителями А.А. Грызловым, Н.А. Ломовым, С.М. Штеменко.

Чтобы придать необратимый характер организационному совершенствованию работы Генштаба и Ставки, Антонов изложил свои соображения на трех страницах и решил доложить Верховному.

Там было определено время (трижды в сутки) докладов Верховному Главнокомандующему - чаще по телефону, итоговый доклад лично Сталину, порядок подготовки и утверждения директивных документов, взаимосвязь с различными органами управления и другие положения. Когда в конце одного из ночных итоговых докладов за сутки Антонов попросил Сталина рассмотреть и утвердить регламент работы Ставки и Генштаба, тот удивленно молча посмотрел на генерала, затем внимательно прочитал документ и начертил на нем:

«Согласен. И. Сталин». Фактически, так сам Верховный Главнокомандующий регламентировал не только работу других, но и свою собственную.

Если до этого Сталин мог вызвать для доклада в любое удобное для него время, то теперь он и сам старался придерживаться установленного порядка. Антонов сумел добиться, что основные функции Генштаба: первая работа на Верховного, передача ему необходимой информации для принятия решений, а вторая - подготовка указаний и оперативное руководство боевой деятельностью фронтов — тесно были увязаны с усилиями главных управлений Наркомата обороны.

Улица Антонова

В городе Гродно есть тихая зеленая улица. Теперь она носит имя А.И. Антонова, а прежде называлась Иерусалимской. На этой улице в небольшом деревянном домике жила семья офицера 26-й артиллерийской бригады Иннокентия Алексеевича Антонова. В этой семье 15 сентября 1896 года родился сын, названный в честь деда, офицера русской армии. Алексеем. Здесь, в Гродно, прошли первые восемь жизни будущего кавалера ордена «Победа».

Для свободы

Об огромной роли А.И. Антонова в разработке Белорусской наступательной операции свидетельствуют воспоминания маршалов И.Х. Баграмяна, А.В. Василевского, Г.К. Жукова, К.К. Рокоссовского. 14 мая 1944 года разработка плана Белорусской операции закончилась. Все замыслы и расчеты уместились на нескольких страницах. Текст писал от руки генерал А.А. Грызлов, около недели с картами работал А.И. Антонов.

Четыре фронта нацеливались на прорыв немецкой обороны от Полоцка на Западной Двине до Мозыря на Припяти. Для этого советское командование создало мощную группировку войск: свыше 1 млн. 430 тысяч человек — 166 дивизий, более 31 тысячи орудий и минометов, более 5200 танков и самоходных орудий, свыше 6 тысяч самолетов.

Операция «Багратион» началась рано утром 22 июня 1944 года. За шесть дней наступления войска Красной Армии разгромили фланговые группировки противника под Витебском и Бобруйском. Танковые и механизированные соединения, войдя в прорыв, продвинулись на 110-150 километров. Фронт, укрепляемый гитлеровцами в течение двух лет, начал рушиться. К 27 июня в районах Витебска и Бобруйска были окружены крупные группировки немецких войск.

Подводя итог, писал К.К. Рокоссовский, можно сказать, что группа фронтов под руководством Ставки блестяще осуществила Белорусскую операцию. В результате была разгромлена группа армий «Центр» и нанесено крупное поражение группе армий «Северная Украина». Освобождена Белоруссия, большая часть Литвы, значительная часть польских земель к востоку от Вислы. Советские войска форсировали реки Неман, Нарев и подошли к границам Восточной Пруссии. Немецко-фашистские войска потерпели крупное поражение».

В ходе Белорусской операции наиболее ярко раскрылись организаторские способности военачальника Антонова. Все управления и отделы всегда знали, к какому сроку и что нужно сделать. В тесном контакте с Генштабом действовали штабы родов войск и тыла. Огромная работа велась в Генштабе по подготовке директив и распоряжений Ставки. Начиная от докладной записки Антонова, переданной в Ставку 20 мая 1944 года, в которой излагался замысел операции «Багратион» и определялась группировка советских войск, и до директивы о форсировании реки Нарев от 21 августа было подготовлено и отправлено фронтам, принимавшим участие в Белорусской операции, свыше 100 директив и распоряжений Ставки. Многие генералы и офицеры Генштаба были награждены орденами. В феврале 1944 года А.И. Антонов был награжден орденом Суворова 2-й степени, а в июле — орденом Суворова 1-й степени. Белорусская операция явилась важной вехой в жизни Алексея Иннокентьевича, в развитии его организаторских способностей, в признании за ним выдающихся стратегических дарований. Командующие войсками фронтов и родами войск, приезжавшие в Ставку, прежде чем идти к Верховному Главнокомандующему, шли к А.И. Антонову и советовались с ним по своим планам и вопросам подготовки боевых действий. Представители Ставки, направляя свои доклады Верховному Главнокомандующему, непременно адресовали их копию «товарищу Антонову»,

зная, что Алексей Иннокентьевич предпримет по этим докладам все необходимое точно в срок.

Отличное проведение операции «Багратион» еще больше укрепило деловые взаимоотношения А.И. Антонова с Верховным' Главнокомандующим. Вот что писал по этому поводу известный авиаконструктор А.С. Яковлев, неоднократно встречавшийся с Алексеем Иннокентьевичем в Государственном Комитете Обороны:

«Антонов был очень близок Сталину, который считался с его мнением, питал к нему явную симпатию и доверие, проводил вдвоем с ним долгие часы, обсуждая положение на фронтах и планируя будущие операции.

Антонов держался просто, без высокомерия и гонора. Он был всегда скромно одет — защитная гимнастерка, бриджи, сапоги, и только генеральские погоны выдавали его высокое положение в армии».

Именно в этот период Верховный Главнокомандующий все чаще и чаще поручает А.И. Антонову ответственные задания, выслушивает его, особенно по оперативным вопросам. Он был участником Крымской и Берлинской (1945) конференций союзных держав.

Творец Победы

Вообще А.И. Антонову в нашей исторической (да и художественной) литературе не повезло. Его фамилия почти не упоминается в длинных списках военачальников, имевших особые заслуги перед Родиной. Он не стал ни маршалом, ни Героем, что для истории не столь важно. Важно другое: этот талантливый человек не был оценен по достоинству, хотя был награжден 3 орденами

Ленина, 4 орденами Красного Знамени, 2 орденами Суворова 1-й степени, орденом Кутузова 1-й степени, орденом Отечественной войны 1-й степени, многими медалями, иностранными орденами и медалями.

Только в последние годы в изданиях СНГ, Республики Беларусь, а также в зарубежной литературе делается объективный вывод, что генерал армии А.И. Антонов был одним из творцов Великой Победы над германским фашизмом, отдается должное его военному таланту.

В 1950–1954 годах генерал армии Антонов командовал войсками Закавказского военного округа, а затем являлся 1-ым заместителем начальника Генерального штаба. Одновременно с 1955 года он занимал ответственный пост начальника штаба Объединенных Вооруженных Сил государств участников Варшавского договора. Его не стало 18 июня 1962 года на 66-м году жизни.

На здании военной академии им. М.В. Фрунзе и на доме, где родился Антонов, в Гродно, установлены мемориальные доски. Его именем названы улицы в Москве и в Гродно. Имя выдающегося военачальника присвоено Санкт-Петербургскому Высшему военно-топографическому командному училищу и средней школе № 11 в Гродно.

В доме, где родился кавалер ордена «Победа», создан музей А.И. Антонова. Материалы о нашем знаменитом земляке экспонируются в Белорусском государственном музее истории Великой Отечественной войны.

*По материалам статьи Э. Иоффе.
«АиФ» № 19, 2006 г.*

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ

ЧЕРНОБЫЛЬ

Клеванец Ю.В.

Осталось в памяти

Об аварии на Чернобыльской АЭС я узнал 1 мая 1986 года, во время демонстрации. Купил в киоске газету «Правда» и наткнулся на небольшую заметку о том, что обстановка на станции стабилизируется. Впрочем, уже через полчаса, просто толкаясь в праздничной толпе, я получил намного больше информации. А какой-то молодой циник вместо лозунгов кричал: «Запорожец не машина, киевлянин не жилец...» Ближние к нему ряды демонстрантов смеялись.

Вечером того же дня я летел из Шереметьево в Минск. Самолет был полупустой. Аэровокзал в Минске-2 тоже. Пуст был и железнодорожный вокзал, и поезд, идущий на юг.

2 мая установилась жара. Родные Осиповичи тоже были пусты, несмотря на призывно яркое солнце... Шел шестой день Чернобыльской беды. Но, наверное, картины величайшей техногенной катастрофы даже тогда не представлял никто: ни Генеральный секретарь Горбачев, ни идеолог реакторов типа РБМК Александров, ни специалисты, ни военные...

Зачем?

...Если мы хотим повысить КПД тепловой машины, нужно увеличить температуру рабочей среды внутри нее. Ядерный реактор та же тепловая машина. Вода нагревается, превращается в пар, крутит турбину генератора, конденсируется, сливается в пруд. Затем цикл повторяется. «25 апреля 1986 года на 4-м блоке реактора Чернобыльской АЭС начался эксперимент, направленный на повышение безопасности и экономической эффективности станции» (цитата из журнала «Наука и жизнь» №11 за 1991 год).

Ни один атомный реактор не работает на полную мощность. Атомный костер в нем тлеет в той мере, с какой это нужно для превращения в пар определенного количества воды. Чтобы пламя не разгорелось, внутри реактора находятся специальные стержни-замедлители. В случае аварийной ситуации они должны войти в рабочую зону и совершенно заглушить ядерную реакцию.

Идея эксперимента была проста: если вывести стержни из рабочей зоны, температура повысится, и соответственно вырастет мощность. Количество топлива останется прежним, стало быть, повысятся экономические показатели. Но вот насколько? Это и хотелось выяснить.

Существенный момент: эксперимент этот был плановым, следовательно, проводился не в первый раз и, наверняка, не только на Чернобыльской АЭС.

В течение целого дня операторы постепенно извлекали стержни из активной зоны реактора. Работали при отключенных системах противопожарной защиты и экстренного расхолаживания, чтобы автоматика не влияла на чистоту эксперимента.

В таком нарушении техники безопасности тогда не было ничего необычного — аварийную защиту по всей стране спокойно отключали, когда это мешало «выполнять план».

Версия трагедии

Каждая конструкция, и тем более такая сложная, как реактор, имеет свои особенности, индивидуальные черты, которые обязательно нужно знать для безопасной эксплуатации. Например, задний привод у автомобиля. Если водитель не учтет особенности поведения такой машины на скользкой дороге, то она может потерять управление.

Всех особенностей ядерных реакторов не знает никто. Поэтому и работают они только на несколько процентов мощности. Поэтому и составляют для обслуживающего персонала строгие инструкции.

Эксперимент на 4-м блоке был по существу грубейшим нарушением инструкций, но ... он был плановым — согласованным и утвержденным в самых высоких инстанциях. А это означало только одно: вышколенные, прошедшие кучу тестов

на профессиональную компетентность специалисты, превратились в сталкеров*. Они, попросту говоря, совали пальцы в заведомо опасные предметы и ожидали — взорвется или нет.

Наверняка среди персонала станции были люди, которые прекрасно сознавали степень риска, но никто из них не пытался прервать игры в атомную рулетку. Это было совершенно невозможно и абсолютно бессмысленно: бунтаря просто выгнали бы с работы, а опыты продолжились своим чередом. Подобные исследования проводились и раньше, но ничего не взрывалось — так чего волноваться?

...Реактор начал греться. Сначала медленно, потом все быстрее и сильнее. Никто не задумался, что вывод всех стержней-замедлителей из активной зоны ведет к установлению так называемой положительной обратной связи — чем выше температура, тем сильнее реакция. К полуночи замедлители были подняты над рабочей зоной почти полностью и эксперимент вышел из-под контроля.

Реактор набрал мощность в 100 раз превышающую номинал. Попытка опустить стержни не привела к успеху — ядерная реакция имеет свою инерцию (вскипела вода охлаждения, перестав быть дополнительным замедлителем нейтронов). Температура рабочей зоны была уже такой высокой, что графит начал гореть и спекаться с оплавленными урановыми стержнями.

В 1 час 23 минуты оператор включил пожарную систему. В следующую секунду в раскаленную почти до пела рабочую зону хлынула вода, мгновенно превратилась в перегретый пар, его давление поднялось настолько, что оболочка реактора не выдержала и треснула, после чего спекшаяся масса ядерного горючего и графита вывалилась во внутренние помещения энергоблока...

...Сиреневое зарево горящего графита держалось над разрушенным реактором 9 дней: тысячи тонн излучающей невидимую смерть радиоактивной массы быстро остыть не могли.

Ко времени, когда в открытой печати стали появляться статьи с разбором чернобыльской катастрофы, все работники, находившиеся в момент взрыва на 4-м блоке, ушли из жизни. Упокоятся ли когда-нибудь их грешные души? А наши грешные души, когда настанет наш черед, упокоятся ли?

При подготовке материала автором были использованы статьи, опубликованные в журнале «Наука и жизнь» в конце 80-х начале 90-х годов XX столетия

* Сталкеры — герои фантастического романа братьев Стругацких "Пикник на обочине". Их занятием было исследование свалки отходов, сброшенной инопланетной цивилизацией на территорию небольшого земного городка

ПЕРВЫМИ БЫЛИ САМОЛЕТЫ ХЕЙНКЕЛЯ

(Продолжая тему)

В реактивной авиации с именем Эрнста Хейнкеля связаны многие события, разговор о которых начинается со слова «впервые». Небольшой He 178 его конструкторского бюро открыл 27 августа 1939 г. эру реактивных самолётов, став первым в мире летательным аппаратом, поднявшимся в воздух на турбореактивном двигателе. А следующий самолёт немецкого конструктора — He 280, вошёл в историю 30 марта 1941 г., как первый взлетевший истребитель с двумя ТРД. К несчастью немецкой авиации (и к счастью союзников по антигитлеровской коалиции) серийный выпуск He 280 не состоялся. Лишь в середине 1944 г. поступил на вооружение Me 262, в общем ничем не лучше двухмоторного истребителя Хейнкеля. И кто знает, как сложилась бы ситуация в небе Европы, получи люфтваффе реактивные He 280 ещё в начале войны.

Интерес Эрнста Хейнкеля к турбореактивным двигателям начался с письма профессора Геттингенского университета Роберта Поля, где рекомендовал Хейнкелю одного из своих подопечных Ханса фон Охайна, работавшего над созданием ТРД, и просил оказать ему помощь в этом новом и сложном деле. После знакомства с фон Охайном и его идеями Хейнкель принял его на работу в своё КБ. Сначала решили построить небольшой экспериментальный мотор HeSI, чтобы доказать саму возможность работы турбореактивного двигателя. Поскольку Охайн ещё не обладал достаточным опытом конструктора-практика, большую помощь в постройке ему оказали инженеры фирмы во главе с Вильгельмом Гундерманом. В марте 1937 г. начались первые запуски HeSI, и тягу постепенно увеличили с 80 кгс до 130 кгс. Испытания HeSI продолжили до конца года, и параллельно началась подготовка к постройке реального ТРД для установки на самолёт. Тяга нового двигателя, выполненного по обычной схеме ТРД с центробежным компрессором и получившего обозначение HeS3, должна была составлять 500 кгс. Имея в общем несложную конструкцию, HeS3 получился весом 360 кг, и имел длину 1,63 м при диаметре 1,2 м. После первых испытаний, замеренная тяга оказалась лишь 372 кгс. Самолёт под HeS3 уже строился, и с такой мощностью его подъём в воздух был под большим сомнением. Пришлось доводить двигатель до получения необходимой тяги, и весной 1939 г., подвешенный снизу на пилоне HeS3 приступил к полётам на самолёте He 118. Конструкторы вносили в ТРД всё новые и новые доработки, и наконец на модификации HeS3B удалось достичь тяги в 450 кгс.

К тому времени был готов и самолёт, получивший обозначение He 178. Все работы велись в

строжайшей секретности в закрытом и охраняемом ангаре. Даже в разговорах He 178 назывался просто «новым экспериментальным самолётом». Конструкция машины была достаточно простой с верхнерасположенным деревянным крылом. Двигатель ставился за кабиной лётчика в фюзеляже металлической конструкции типа монокок, и там же находился топливный бак на 600 литров.

Воздухозаборник в носовой части поначалу Гундерман планировал выполнить регулируемым. Но от этого всё-таки отказались, не желая напрасно усложнять самолёт и в целях ускорения первого вылета. Трёхопорное шасси полностью убиралось. Передние стойки со щитками крепились в нижней части фюзеляжа и поджимались в специальные ниши, а хвостовое колесо в свой отсек. He 178 получился очень небольшим, размах крыла составлял 7,2 м при длине 7,48 м. Пустой самолёт весил 1620 кг, а на взлёте эта цифра увеличивалась до 1998 кг.

24 августа 1939 г. на аэродроме фирмы в Мариенхе приступили к первым пробежкам. Кабина на всякий случай была пока без фонаря, и Эрих Варзиц, специально приглашенный для испытаний лётчик-испытатель ракетной фирмы Вернера фон Брауна, разгоняясь по полосе, отрывал He 178 на несколько десятков сантиметров, следя за реакцией самолёта. После этих «прыжков» HeS3B сняли и подвергли тщательному осмотру. Через два дня во время гонки двигателя на привязанном тросами He 178 в воздухозаборник неожиданно попала пролетающая мимо небольшая птичка (и здесь самолёты Хейнкеля были первыми!). Пришлось снова разбирать HeS3B и искать последствия случайного происшествия. К счастью ничего серьёзного не произошло, и 27 августа в 6 часов утра Варзиц, наконец, совершил первый настоящий полёт.

Кабина уже была с фонарём, но шасси в ответственном вылете решили не убирать. После довольно длинного разбега Варзиц оторвал He 178 от бетона, и описав круг на высоте 500 метров собирался приземлиться. Но неожиданно на аэродром опустился небольшой утренний туман. Не желая рисковать на посадке, Варзиц вынужден был продолжить полёт, ожидая пока туман хоть немного рассеется. И вместо запланированных 7-8 минут первый полёт продолжался четверть часа. В этом вылете двигатель на полные обороты не выводился, а скорость достигала 320 км/ч.

Обрадованный Хейнкель тут же решил доложить о столь знаменательном успехе Эрнсту Удету (в то время начальнику технического управления Министерства авиации). Но Удет не разделил энтузиазма конструктора, недовольный ранним звонком (было 6.30 утра), разбудившим его в воскресное утро. Холодно поздравив Хейнкеля и Варзица, генерал попросил его больше не беспокоить и дать выспаться. В дальнейшем многие большие чины в люфтваффе реагировали на новинки реактивной авиации так же, как и Удет. Такое отношение очень дорого обошлось гитлеровской авиации.

После начала войны с Польшей, командование люфтваффе перестало уделять должное внимание исследовательским и экспериментальным работам, интересуясь прежде всего серийными самолётами. С большим трудом Хейнкелю удалось пригласить 1 ноября 1939 г. на фирму Геринга, Мильха и Удета для знакомства с He 178. Однако Геринг в последний момент не приехал, а Мильх и Удет особого интереса к неказистому на вид самолёту не проявили.

He 178 продолжал летать, совершив одну вынужденную посадку из-за остановки двигателя. Хотя конструкторы рассчитывали достичь на He 178 700 км/ч, наибольшая скорость составляла всего 560 км/ч. Виной тому и несовершенство двигателя HeS3B, и значительные потери тяги в длинном воздухозаборнике. Был готов и второй самолёт He 178V2, имевший чуть больший размах крыла и на который планировали установить двигатель новой модификации — HeS6. Однако He 178V2 в воздух так и не поднялся, поскольку конструкторы решили не тратить силы на доведение экспериментальной машины, а приступить к проектированию и постройке реального реактивного истребителя.

Работу над этим самолётом Эрнст Хейнкель начал ещё в июне 1939 г., узнав что фирма Мессер-

шмитт получила от технического управления Министерства авиации задание на одноместный реактивный истребитель с двумя ТРД (проект 1065, ставший в дальнейшем Me 262). Хейнкель считал, что справится с этим заданием быстрее и успешнее, имея высококвалифицированных специалистов по ТРД и опыт создания He 178. Поскольку официальная поддержка Министерства авиации отсутствовала, работы начались за счёт самой фирмы.

Самолёт получил в КБ обозначение He 180, и помимо ТРД имел ещё одно новшество — трёхопорное шасси с носовой передней стойкой. Такая схема идеально подходила для реактивного истребителя, но у немецких конструкторов ещё не было опыта эксплуатации машин с носовой стойкой. Чтобы не рисковать новым самолётом, испытания такого шасси сначала провели на учебном Fw 58V18, они прошли вполне успешно. Конструкция овального фюзеляжа типа монокок была металлической с работающей обшивкой. Также металлическим выполнялось среднерасположенное крыло с прямой передней кромкой и эллиптической задней, имевшее двухсекционные закрылки на каждой плоскости, разделённые специальным обтекателем над соплом. Хвостовое оперение выполнялось разнесённым с двумя кильями. Мотогондолы крепились к плоскостям внизу, в них же убирались основные стойки шасси с одним колесом. Ниша для передней стойки находилась в носовой части. Кабина пилота имела сдвижной фонарь и переднее бронестекло. Ещё на стадии проектирования предполагалось, что в перспективе истребитель получит герметизированную кабину для высотных полётов. Поскольку самолёт создавался для больших скоростей, то возник вопрос о покидании его лётчиком. И впервые боевая машина получила катапультируемое кресло, работавшее на сжатом воздухе. Испытания системы спасения провели с июля по ноябрь 1940 г., в которых кресло весом 120 кг выстреливалось на 6 метров над кабиной. Из стрелкового вооружения истребитель должен был получить три 20-мм пушки (как и в проекте 1065), размещённых в носовой части над нишей передней ноги.

В октябре 1939 г. проект Хейнкеля получает новое обозначение — He 280, и на фирме готовится постройка трёх первых прототипов. Расширились работы и по созданию ТРД. В ноябре образовалась новая группа во главе с Максом Мюллером, приступившая к созданию HeS30 с осевым компрессором и тягой 800 кгс. А Охайн со своими конст-

рукторами трудился над ТРД HeS8 с центробежным компрессором, и ожидаемой тягой в 700 кгс. К счастью Эрнста Хейнкеля, новый начальник двигательного отдела технического управления Министерства авиации Хельмут Шельп отнёсся к двигателям HeS30 и HeS8 более благосклонно, чем предыдущее руководство. И постройку этих ТРД включили в общую программу, финансируемую люфтваффе. В эту программу входило и создание ТРД других КБ — проект 109-003 фирмы БМВ, 109-004 Юнкера и 109-007 Даймлер-Бенца. В соответствии с этим обозначением получили свои номера и двигатели фирмы Хейнкель — HeS8 стал 109-001, а HeS30 -109-006.

Создание новых мощных ТРД оказалось делом очень серьёзным, и когда первый самолёт He 280V1 (бортовой номер DL-AS) уже собрали, двигатели для него готовы не были. Чтобы не терять времени, решили снять характеристики истребителя, подняв его в воздух в качестве планера. 22 сентября 1940 г. двухмоторный He 111B с He 280V1 на буксире оторвался от взлётной полосы испытательного центра в Рехлине. Пилотировал He 280V1 лётчик-испытатель центра Поль Бадер, поскольку Эрих Варзиц вернулся на ракетную базу в Пенемюнде. Мотогондолы истребителя закрыли обтекателями, а размещённый в фюзеляже балласт компенсировал вес отсутствующих двигателей и топлива. На высоте 4000 м Бадер отцепился от буксировщика, и в безмоторном полёте вернулся обратно на аэродром, доведя максимальную скорость планирования до 280 км/ч. Скорость постепенно увеличивали и в девятом вылете Бадер достиг 510 км/ч. 20 ноября к испытаниям присоединился и другой лётчик — Фриц Шёфер. До 17 марта 1941 г. испытатели совершили 41 планирующий полёт на He 280V1, отметив хорошую управляемость самолёта.

К тому времени заканчивались лётные испытания двигателя HeS8A, подвешенного снизу бомбардировщика He 111H. Правда вместо запланированной тяги в 700 кгс пока удалось достичь цифры лишь 500 кгс. Доводку HeS8A решили проводить одновременно с лётными испытаниями истребителя, и в марте пару ТРД наконец-то установили на вторую машину — He 280V2 (борт, номер CJ-CA). Первый вылет назначили на 30 марта. В топливный бак ёмкостью 1070 л залили

лишь 400 л топлива, чтобы уменьшить взлётный вес. Сняли все капоты на мотогондолах, поскольку побоялись, что подтекающее топливо из дренажа и трубопроводов может собраться внизу и стать причиной пожара. Заняв место в кабине, Фриц Шёфер запустил двигатели, и в 15 час. 18 мин. начал взлёт. С непривычным для аэродромной жизни тех лет свистом, первый в мире реактивный двухмоторный истребитель оторвался от полосы и поднялся в воздух. Естественно, что в первом полёте шасси не убиралось, и Шёфер, описав круг на высоте 275 м, через три минуты совершил посадку. Эра реактивных боевых самолётов началась. Заметим, что первый самолёт с ТРД за пределами Германии поднялся лишь через две недели 15 мая 1941 г. — это был английский «Глостер» E.28.39 с одним двигателем.

На второй вылет 5 апреля собралась целая делегация больших чинов из люфтваффе, включая Эрнста Удета и генерал-майора Рейтенбаха. Капоты мотогондол вернули на место, а управлял самолётом Поль Бадер. He 280V2 выглядел гораздо совершенней экспериментального He 178, и Удет теперь был в восторге от увиденного. На послеполётном банкете во время одного из тостов Удет в запальчивости сказал: «Если над Ла-Маншем мы будем иметь такие истребители, то англичанам придётся перевернуть всю свою самолётостроительную программу!» Но дальше красивых слов за столом дело у генерала не пошло. И до своего загадочного самоубийства в ноябре 1941 г., особой помощи в развитии программы реактивной авиации от Удета не поступило. Конечно были в люфтваффе руководители, для которых перспективность самолётов с ТРД не вызывала сомнений. Так Хельмут Шельп из технического управления помог Эрнсту Хейнке-лю приобрести двигательные заводы фирмы Хирт в Штутгарте и Берлине для расширения фронта работ по ТРД. Именно в Штутгарт направилась бригада конструкторов Макса Мюллера, строящая HeS30 как альтернативу HeS8. А группа фон Охайна продолжала трудиться над усовершенствованием HeS8A, намереваясь довести тягу до 720 кгс, а на модификации HeS8B до 750 кгс. Начались работы и над перспективным и мощным HeSII второго поколения.

По материалам статьи С. Колова

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ В ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛАХ ДЛЯ ГВС

Козлов А.И., к.т.н., Герасимова А.Г., к.т.н., БНТУ, кафедра «ТЭС»

При разработке целевой программы энергетической безопасности поставлена задача к 2012 году довести долю собственных источников энергии до 25% в топливном балансе страны [1], в основном за счет использования древесины и частично торфа. Так к 2012 году намечено использовать древесного топлива и отходов деревообработки до 11 млн. м³ (3,1 млн. т.у.т.) [2, 4]. При этом потенциальные запасы РБ составляют 6,6 млн. т.у.т. [2]. Опыт ряда стран со схожими природными условиями (Финляндия, Швеция) показывают, что эта задача реалистична [3].

Однако, в настоящее время большинство твердотопливных котлов, особенно в сельской местности, работающих на местных видах топлива (МВТ), типа «Минск», «Универсал», «Энергия» были спроектированы для использования каменного угля и торфобрикетов и при переводе их на сжигание древесины они становятся малоэффективны, т.е. их КПД менее 50%.

Оценивая с позиций КПД «брутто» и «нетто», с учетом транспорта тепловой энергии (ТЭ) для теплоснабжения и конечного использования, реальное КПД будет существенно ниже [4], где-то в пределах 30-35%. Это означает, что при потребности 3,1 млн. т.у.т. объем заготавливаемой древесины (считая, что для получения 1 т.у.т. требуется в среднем 4 м³ древесины) нужно доводить до 13–14 млн. м³, а это учитывая относительно низкий темп роста древесины (80 лет — пик), довольно серьезная задача.

К этому необходимо добавить, что котлы такого типа плохо поддаются регулировке и трудно выходят на оптимальный температурный режим. Учитывая непрерывный рост тарифов на э/э и, естественно, цен собственников древесины, цена 1 Гкал, полученная на этих котлах будет существенно возрастать.

Экономическая выгода при замене природного газа, с вероятной его стоимостью ~ 100 дол. США/1000м³, на древесину, даже при ее цене 30 дол. США/т.у.т. с учетом инфраструктуры: заготовка, разделка и доставка к котельным, существенна [5].

Расчеты по программе ПРООН/ГЭФ «Примене-

ние биомассы для отопления и горячего водоснабжения» [6], показали, что при производительности котельной 1,08 МВ необходимо 41 тыс м³/год (это можно получить в 30 км зоне около котельной). Таким образом, при площади лесов в РБ ~ 7,8 млн. га можно получить 2,98 млн. т.у.т.

При существующей инфраструктуре производства и использования древесного топлива практически весь ежегодный прирост уже в 2012 году необходимо будет использовать в качестве топлива, это не считая, деловой древесины (так ежегодный текущий прирост составляет 2,37 млн. м³, средний за вычетом отпада 25 млн. м³, при коэффициенте использования 43% [3]). С учетом термодинамических потерь, потерь на транспорт и конечное потребление полезно будет использовано порядка 1,5–1,6 млн. т.у.т. или 7–7,5 млн. Гкал. Какой же вывод.

1. Необходимо организовывать на базе ведущих производителей котлов в РБ комплекс проектно-монтажных мероприятий с целью оптимального переоборудования существующих котлов с каменного угля и торфа на древесные отходы.

2. Максимально применять опыт других стран по использованию древесины в котельных установках. Так, например, в Финляндии и других Скандинавских странах широкой известностью пользуется продукция фирмы Sermet Oy, которая поставляет котлы, позволяющие сжигать мокрую щепу и отходы древесины с влажностью до 65%.

3. Оснащение котельных, особенно в ЖКХ, где эксплуатируется 2439 котельных, новыми котлами, которые отвечают следующим критериям:

- качество продукции (надежность, металлоемкость, степень автоматизации, экологичность);
- экономичность (минимальный расход топлива и э/э на отпуск теплоты кг.у.т./Гкал, кВтч/Гкал);
- блочность;
- удобство монтажа;
- наладка и последующее обслуживание;
- обеспеченность запчастями;
- реагирование по рекламациям;
- организация поставок;

- привлекательность конечной цены для потребителя.

В РБ к ведущим производителям твердотопливных котлов являются: РУП Белоозерецкий энергомеханический з-д (котлы типа КВ-400Т, КВ-750Т); ОУКП «Ремспецстрой», г. Могилев (КВ-Р-0,5-95, КВ-Р-0,3-95); НПП «Белкотломаш», г. Бешенковичи (КВДГ-0,8-95); ОАО «ГСКБ», г. Брест; ОАО «Минский з-д отопительного оборудования».

Кроме того, широко представлены на рынке российские и зарубежные производители см. табл. 1 [7].

4. Необходимо существенно перестроить инфраструктуру производства и использования древесного топлива: заготовку, транспортировку, дробление и механизацию, топливоподачу.

Задача реалистична и с предложенными замечаниями она может быть успешно решена.

Таблица 1

| № п/п | Фирма | Город, страна |
|-------|--|---|
| 1 | ОАО «Уралэнергоцветмет» | Екатеринбург, Россия |
| 2 | АООТ «Амурсельмаш» | Белогорск, Амурская обл., Россия |
| 3 | ОАО «Борисоглебский котельно-механический завод» | Борисоглебск, Воронежская обл., Россия |
| 4 | АО «Сибтепломаш» | Братск, Иркутская обл., Россия |
| 5 | АО Гороховецкий завод ПТО «Элеваторсельмаш» | Гороховец, Владимирская обл., Россия |
| 6 | ОАО «Жуковский машиностроительный завод» | Жуковский, Московская обл., Россия |
| 7 | ЗАО «Запорожский энергомеханический завод» | Запорожье, Украина |
| 8 | ОАО «Кировский завод» | Киров, Калужская обл., Россия |
| 9 | ГП «Невьянский механический завод» | Невьянск, Свердловская обл., Россия |
| 10 | ОАО «Нижнетагильский радиаторный завод» | Нижний Тагил, Свердловская обл., Россия |
| 11 | ОАО Завод строительных машин, г.Орска | Орск, Оренбургская обл., Россия |
| 12 | ГНИИЛЦ РФ «Радуга» | Радужный, Владимирская обл., Россия |
| 13 | ЗАО ЭГЗ «Механик» | Сарапул, Удмуртия, Россия |
| 14 | Электромеханический завод | Санкт-Петербург, Россия |
| 15 | Группа компаний МАКСЛЕВЕЛ (Германия) | Представительство в Москве, Россия |
| 16 | Фирма «Vaillant» (Германия) | Представительство в Москве, Россия |
| 17 | ООО «Телекоммуникационная компания «Ком Тел»» | Москва, Россия |
| 18 | ОАО «Красный котельщик» | Таганрог, Ростовская обл., Россия |
| 19 | ОАО «ТЭКОМ» | Монастырище, Черкасская обл., Украина |
| 20 | Фирма «Viessman», (Германия) | Представительство в Минске, Беларусь |

Литература

1. Об утверждении плана основных мероприятий по реализации Концепции энергетической безопасности и повышения энергетической независимости Республики Беларусь. Постановление СМ РБ 18.11.2005 № 1290.
2. Молочко А.Ф. Потенциальные запасы и экономически целесообразные объемы использования местных энергоресурсов // Энергоэффективность. – 2006. - № 6. – С. 14.
3. Черноусов СВ. Опыт Швеции в применении к условиям Беларуси // Энергоэффективность. – 2006. – № 7. – Сб.
4. Козлов А.И., Герасимова А.Г. Технологические и теплотехнические основы ресурсосберегающих технологий в промышленных котельных // Инженер-механик – 2006. – №1. – С. 31–34.
5. Е.Милаш, Хаустович Н. Нетрадиционные источники энергии // Энергетика и ТЭК. – 2005. – № 8. – С. 17–18.
6. Суворов Д.Г. ГИС + АНАЛИЗ = ГИАС // Энергетика и ТЭК. – 2006. – № 6. – С. 12–13.
7. Повышение эффективности топливоиспользования в котлах. Монография / И.И. Стриха – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 260 с.

МЕЖ ДВУХ ОКЕАНОВ

История одного из самых грандиозных инженерных сооружений —
Панамского канала

15 августа 1914 года торжественно, но без особой помпезности из Атлантического океана в Тихий последовал морской землесосный снаряд «Анкон», затратив на это путешествие около 9 часов. На его борту находились президент Панама Белисарио Поррас и члены его кабинета, дипломаты во главе с американским посланником Уильямом Прайсом и еще пара сотен важных гостей. Торжества проходили скромно — на борту играл оркестр, но не было ни напыщенных речей, ни рек шампанского. В Европе разгоралась война, и первые полосы газет были посвящены новостям с фронта, так что сообщение об открытии Панамского канала осталось почти незамеченным. И, кажется, никто не вспомнил, что рейс «Анкона» оказался воплощением блестящего предвидения, которому исполнилось 400 лет.

КОНКИСТАДОРЫ

Осенью 1513 года несколько десятков испанцев под командой Васко Нуньеса де Бальбоа в сопровождении сотен индейцев покинули городок Дарьен на побережье Карибского моря и углубились в джунгли, покрывавшие еще неизвестную европейцам землю. Двигала ими отнюдь не любовь к приключениям. Бальбоа узнал, что неподалеку имеется море, по которому можно добраться в страну, полную золота и других сокровищ (имелась в виду перуанская империя инков). 26 сентября отряд достиг подножья холма, с вершины которого Бальбоа первым из европейцев узрел заветное *Mare Incognitum* и провозгласил новооткрытые воды, которые он назвал Великим Южным морем, владением Фердинанда, короля Кастилии и Арагона.

Конкистадоры вернулись в Дарьен, нагруженные золотом и жемчугом. Пятую часть трофеев Бальбоа отправил королю. В сопроводительном письме он рекомендовал проложить через перешеек хорошую дорогу, защищенную от набегов индейцев, и добавил, что его спутник Алваро де Сааведра советует приступить к поиску пролива, соединяющего оба океана, и даже считает возможным проложить его руками человека. Так в начале 1514 года впервые была высказана идея судходного канала через Панамский перешеек, реализовать которую удалось лишь спустя четыре столетия.

Предложение Сааведра не было забыто. В 1567 го Филипп II даже направил в Америку итальянского инженера Хуана Антонелли, чтобы тот оценил возможность соединить с двумя океанами воды озера Никарагуа. Выводы Антонелли оказались неутешительными, и дело заглохло надолго. Лишь в 1814 году мадридский парламент распорядился провести геод-

ИЗ АТЛАНТИЧЕСКОГО В ТИХИЙ

Путь из Атлантики в Тихий океан по каналу проходит вовсе не с востока на запад, как можно было бы подумать: по географическому капризу природы тихоокеанский портал канала расположен восточнее атлантического. Канал начинается с подводной выемки, проложенной по дну бухты Лимон. Здесь транзитное судно принимает на борт местного лоцмана, который полностью берет на себя управление (это единственное место в мире, где капитаны не принимают участия в проводке своих кораблей). Подчиняясь его командам, судно входит в «сухопутную» часть канала и через 10 км приближается к нижнему бьефу трехступенчатых Гатунских шлюзов. За металлическими воротами толщиной 2 м и высотой 20 м корабль попадает в первую камеру. Размер камер у всех шлюзов одинаков: 1000×110 фт (305×33,5 м). Перед шлюзованием судно зачаливают тросами к буксирным электровозам (по традиции их называют «мулами»). Проскальзывание может привести к катастрофе при проводке гигантских кораблей, едва вписывающихся в шлюз (расстояния между бортом и стеной шлюза может составлять менее 1 м!), поэтому между рельсами проложена зубчатая рейка, а сами электровозы снабжены центральным тяговым зубчатым колесом. Натяжение буксирных тросов контролируется компьютером на центральном пульте, он же управляет и электровозами. Как правило, крупные корабли тянут шестью электровозами, для супергигантов требуется восемь. Как только корабль занимает правильное положение, входные ворота закрывают и в камеру начинает поступать вода, на что требуется от 8 до 15 минут. Затем корабль буксируют во вторую и третью камеры. Когда «мулы» вытягивают транзитника в верхний бьеф, он оказывается выше уровня океана почти на 26 м. Здесь судно освобождается от буксирных тросов и пересекает озеро Гатун (425 км²) по фарватеру, проложенному меж островами (до затопления это были холмы). На самом крупном — Барро Колорадо — расположен Смитсоновский институт тропических исследований, научный центр с международной репутацией. Из озера судно заходит в 13,7-км выемку Гэйлларда, спускается на 9,5 м в шлюзе Педро Мигуэля и оказывается в самой короткой части канала, озере Мирафлорес. Через пару километров корабль опускается через пару шлюзов еще на 16 м, идет 4 км до города Бальбоа и попадает в Панамский залив, по дну которого тоже проложен судходный фарватер. Общая протяженность канала между глубокими водами океанов составляет около 80 км.

зическую съемку трассы канала в Никарагуа, но время было упущено. В Латинской Америке бушевали освободительные войны, Никарагуа в 1826 году обрела независимость, и политическая возможность проложить канал под эгидой Испании была окончательно потеряна.

ВЕЛИКИЙ ФРАНЦУЗ

В конце 1876 года в Колумбию прибыла небольшая экспедиция, возглавляемая флотским лейтенантом Люсьеном Наполеоном-Бонапартом Вайсом, внебрачным сыном принцессы Летиции, племянницы первого французского императора.

Ему удалось добиться от правительства Колумбии концессии на прокладку канала через Панамский перешеек, вблизи железнодорожной одноколейки, построенной в 1855 году, во времена калифорнийской золотой лихорадки.

В 1878 году Вайс привез в Париж контракт и свои предложения по постройке канала. Они были весьма расплывчаты и не подкреплялись серьезным обследованием местности. Однако их поддержал прославленный организатор строительства Суэцкого канала виконт Фердинанд де Лессепс. «Великий француз», как его все называли, заикнулся на идее прорыть канал по Суэцкому образцу — на уровне моря без единого шлюза. Однако проложенная от бухты Лимон до Панамского залива трасса пересекала холмы, сложенные из прочных вулканических пород. Для прокладки бесшлюзового канала требовался гигантский объем сложнейших земляных работ, для которых тогда не было необходимых технических средств. К тому же трассу пересекали многочисленные реки, которые в дождливый сезон выходили из берегов. Особую опасность представляла река Чагрес, уровень которой поднимался на 5–6 метров. Здесь свирепствовали малярия, желтая лихорадка и прочие тропические болезни. По сравнению с этими милыми местами суэцкая пустыня выглядела настоящим курортом.

В феврале 1889-го основанная Лессепсом «Всеобщая компания меж океанского канала в Панаме» была объявлена банкротом и распущена. Затратив 1 млрд. 310 млн. франков (\$262 млн. по тогдашнему курсу), она смогла прорыть лишь меньше трети канала.

И все же французский проект мог увенчаться успехом. Еще до начала работ инженер Адольф Годен де Лепине предложил перегородить реки Чагрес и Рио-Гранде плотинами и создать в центре перешейка обширное искусственное озеро, через которое смогли бы проходить большие корабли. Это позволяло одним махом ликвидировать угрозу наводнений и открыть для судов около половины трассы. Рукотворное озеро должно было находиться выше уровня

РАЗМЕР ИМЕЕТ ЗНАЧЕНИЕ

Максимальные габариты кораблей, допускаемых к прохождению сквозь шлюзы канала, не должны превышать 294 м в длину и 32,3 м в ширину. Поначалу это не создавало проблем, однако уже в 1930-е годы с верфей сошли несколько левиафанов, которым путь в канал был заказан — например, французский пассажирский турбоэлектроход «Нормандия» водоизмещением 83 тысячи тонн и габаритами 314х36 м и его английский соперник «Королева Мария» (Queen Mary, 81 тысяча тонн, 297х36 м). В наши дни по морям-океанам плавают около трех сотен «внеканальников», преимущественно супертанкеры и контейнеровозы. А вот круизные лайнеры, в том числе «стотысячники», обычно строят с расчетом возможностей Панамского канала, добавляя тоннаж и вместимость за счет увеличения количества палуб. Но есть и исключения — скажем, 151-тысячетонная «Королева Мария II» (Queen Mary II), длина которой составляет аж 345 м! Объем транзита грузов подсчитывают в условных тоннах по довольно сложной формуле, придуманной специально для Панамского канала (PC/UMS - Panama Canal Universal Measurement System). В годовщину его 20-летия эксперты утверждали, что суммарный годовой транзит грузов не превысит 80 млн. PC/UMS-тонн. Этот прогноз давным-давно перекрыт: в прошлом году канал пропустил суда общим водоизмещением 279 млн. таких тонн, а в нынешнем этот показатель наверняка возрастет. Ежедневно через канал проходит около 40 кораблей, и несколько раз суточный объем транзита зашкаливал за миллион тонн.

Панамский канал не раз реконструировали и оснащали новым оборудованием, в том числе все более мощными шлюзовыми электровозами. В 2001 году выемку Гэйлларда на прямых участках расширили до 190 м, а на закруглениях — до 220 м, и теперь там могут разминуться два океанских корабля. Уже готов план радикальной модернизации Панамского канала, которая сделает его доступным для самых больших контейнеровозов. Предполагается возвести еще две трехступенчатые шлюзовые лестницы с камерами 427х55 м гарантированной глубиной 18,3 м, через которые сможет пройти корабль с пятнадцатиметровой осадкой и габаритами 366х49 м. Первая шлюзовая лестница будет построена к востоку от Гатунских шлюзов, вторая — юго-западнее шлюзов Мирафлорес. К этим каскадам подведут дополнительные каналы шириной 218 м специально для транзита судов-гигантов и заново расширят выемку Гэйлларда, на сей раз как минимум до 280 м на прямых участках и 366 м — на закруглениях. Предполагается, что новые шлюзы вступят в действие в 2015 году. По завершении реконструкции Панамского канала его годовая пропускная способность дойдет до 600 миллионов PC/UMS-тонн.

океана, так что его необходимо было окаймить шлюзами. Сейчас очевидно, что это был единственный реальный шанс для «Всеобщей компании». Однако Фердинанд де Лессепс твердо сказал «нет», а его мнение было решающим.

Американцы

В 1902 году американский конгресс разрешил президенту за \$40 млн. купить имущество и права фирмы-преемника «Всеобщей компании», чтобы проложить на прежнем месте межокеанский канал за счет казны. Колумбию попросили уступить США в долговременную аренду зону шириной шесть миль за \$10 млн. одновременно и \$250000 годовых. Договор был подписан в Вашингтоне, но сенат в Боготе отказался его ратифицировать, сочтя компенсацию явно недостаточной. Тогда заинтересованные лица быстренько устроили опереточный путч, в результате которого на карте мира появилось новое государство, а США получили фактически в полную собственность десятимильную полосу вдоль канала.



Дерзкий план соединить каналом два океана возник почти 500 лет назад. Сегодня Панамский канал — одна из главных морских артерий мира

В марте 1904-го президент Рузвельт назначил для надзора над сооружением канала специальную комиссию, а месяцем позже в Париже было подписано соглашение о продаже Соединенным Штатам наследия «Всеобщей компании».

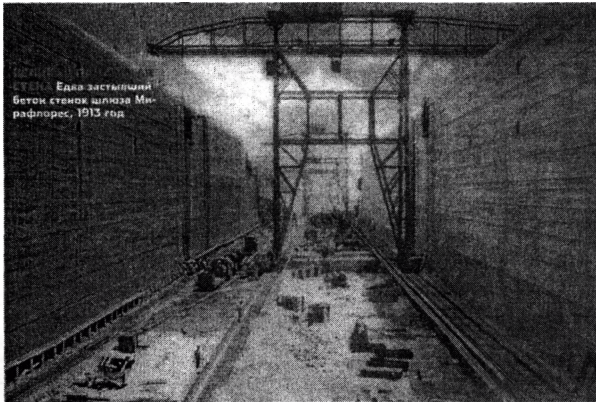
Летом того же года работы начались. В течение последующих 10 лет канал строили более 56 тысяч человек, причем 11 тысяч составляли американцы. Одним из первых прибыл начальник санитарной службы строительства, полковник Медицинского корпуса Армии США Уильям Горгас. Он составил план тотальной ликвидации комаров, переносящих малярию и желтую лихорадку, и с редким упорством провел его в жизнь. Для осушения болот в зоне канала вырыли дренажные траншеи общей протяженностью около 2700 км! Для предотвращения размножения комаров поверхность прудов и луж заливали керосином, ежемесячный расход которого составлял 200 000

л. К осени 1906 года титанические усилия 4000 человек под руководством Горгаса навсегда закончили с желтой лихорадкой. Малярию полностью искоренить не удалось, но заболеваемость сократилась с 84 до 8 процентов, и это было огромным успехом. Кстати, именно Горгас первым пересек перешеек водным путем. Летом 1912 года он с двумя подчиненными на легком каноэ прошел по частично заполненному каналу (правда, лодку кое-где пришлось переволакивать посуху, а кое-где плыть по обводным траншеям).

Летом 1905 года главным инженером Комиссии Панамского канала стал Джон Стивенс, признанный авторитет в области железнодорожного строительства. За полтора года старую рельсовую колею полностью реконструировали и подготовили к перевозке тяжелых грузов. При французах по основной магистрали за сутки редко следовало более 20 поездов, а Стивенс довел среднюю пропускную способность до 200 маршрутов в день, а максимальную — почти до 600.

Через год Комиссия определилась с генеральным проектом. Решено было строить канал по такой же схеме, что предложил де Лепине, — каскады шлюзов с обеих сторон и водохранилище в центре. Стивенс унифицировал землеройное оборудование, сделав основную ставку на мощные однокорпусные экскаваторы. Для стройки было заказано более ста новейших паровых лопат, в том числе и 105-тонные исполины фирмы Viscopus с объемом ковша в 4,2 м³.

Весной 1907 года из-за разногласий с вашингтонским начальством Стивенс подал в отставку. Его преемником стал майор инженерных войск Джордж Вашингтон Готалс. Под его руководством соорудили мощные волнорезы в бухте Лимон, перекрыли устье реки Чагрес насыпной плотиной, построили и оснастили обе трехступенчатые шлюзовые лестницы, которые поднимают суда на 26 м выше поверхности океана и вновь возвращают их на исходный уровень. Труднее всего достался водораздел в районе Кулебры, где для прокладки 14-км отрезка потребовалось вынуть и вывезти 75 млн. м³ земли, камней и песка. Начальник строительства центральной части канала подполковник Дэвид Гэйллард трудился, невзирая на тошноту и головные боли, вызванные раком мозга, от которого он умер незадолго до окончания работ, в декабре 1913 года. Проложенный им участок, изначально названный выемкой Кулебра, весной 1915 года президент Вудро Вильсон переименовал в выемку Гэйлларда.



Заполнение выемки было обставлено театрально. Реку Чагрес заранее перекрыли в среднем те-

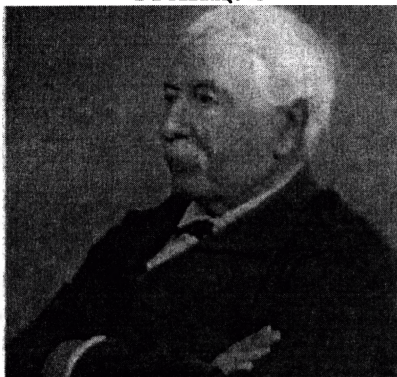
чении временной дамбой. 10 октября 1913 года президент Вильсон в своем кабинете в Белом доме нажал кнопку электрического детонатора и воспламенил 8 т динамита, подложенные под дамбу. Хлынувшая через пролом вода не дошла до центральной части выемки, для расчистки завалов было затрачено еще немало труда и взрывчатки. Только 24 октября водная дорога соединила прибрежные участки канала. Южнее выемки располагались шлюзы, однокамерный Педро Мигуэля и двухступенчатый Мирафлорес, откуда шел прямой путь к Тихому океану. К концу декабря вода достигла расчетной отметки. Панамский канал был готов.



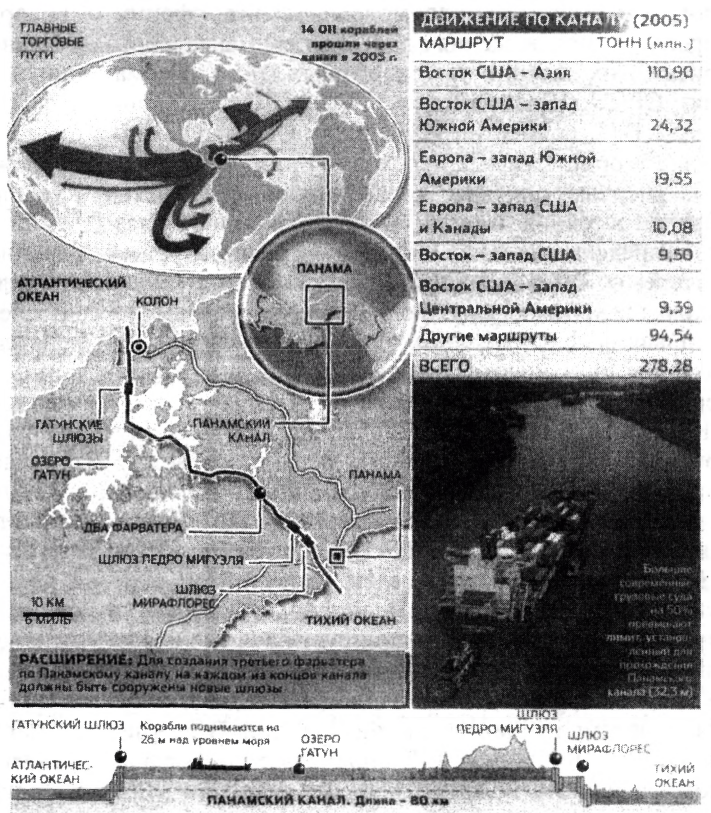
ДЖОРДЖ ВАШИНГТОН ГОТАЛС

Под руководством Готалса, возглавлявшего строительство с 1907 года, устье реки Чагрес было перекрыто крупнейшей в мире (по тем временам) насыпной плотиной Гатун (32 м в высоту, 2300 м в длину, ширина у основания 640 м, у гребня — 30 м). Общий объем грунта, выбранного американскими строителями, составил 183 млн. м³ — почти вчетверо больше, чем изначально планировалось, и в 12 раз больше, чем при постройке Суэцкого канала. Панамский канал обошелся американской казне в \$375 млн. (\$325 млн. непосредственно на строительство, \$10 млн. компенсации Панаме и \$40 млн. — французской компании).

ВЕЛИКИЙ ФРАНЦУЗ



ИМЯ ФЕРДИНАНД ДЕ ЛЕССЕПС
ПРОФЕССИЯ ДИПЛОМАТ
ГЛАВНОЕ ДОСТИЖЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СУЭЦКОГО КАНАЛА
МЕЧТА ПРОРЫТЬ КАНАЛ МЕЖДУ ТИХИМ И АТЛАНТИЧЕСКИМ ОКЕАНАМИ БЕЗ ЕДИНОГО ШЛЮЗА



По материалам статьи А. Левина «Популярная механика» № 7 2006

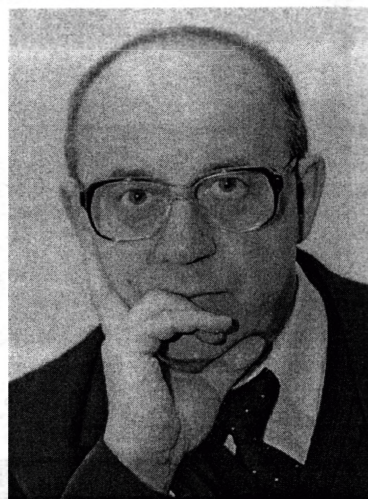
ВЯЧЕСЛАВ ИВАНОВИЧ КУВШИНОВ

(К 60-летию со дня рождения)

6 ноября 2006 г. исполняется 60 лет видному белорусскому ученому и организатору науки, доктору физико-математических наук, профессору, лауреату премии им. академика Ф.И. Федорова НАН Беларуси, лауреату премии академий наук Беларуси, Украины, Молдовы Кувшинову В.И. Родился в 1946г. в городе Хмельницкий на Украине. Окончил школу в Минске с серебряной медалью. В 1963 г. поступил в Белгосуниверситет на физфак. Получил специализацию по теоретической физике, а после окончания БГУ был принят в аспирантуру Института физики. С 1971 г. работал в должности младшего научного сотрудника, защитил кандидатскую и докторскую диссертации, и затем возглавил лабораторию сильных взаимодействий. В 1975-1987 годах работал ученым секретарем Отделения физико-математических наук АН БССР.

Кувшинов В.И. — представитель элитной научной школы академика Ф.И.Федорова, известный ученый в области физики сильных взаимодействий, ядерной физики, нелинейной динамики сложных систем различной природы. Кувшиновым В.И. разработана фундаментальная теория непертурбативных флуктуаций глюонного поля (инстантонов) в ядре и его сжатых и перепутанных состояний, проведен численный расчет, созданы компьютерные программы Монте-Карло моделирования, сформулированы предложения для экспериментального поиска этих явлений на ускорителях DESY (Германия), CERN (Швейцария) и FNAL (США). Кувшиновым В.И. совместно с учениками сделано обобщение теории фазовых переходов Гинзбурга – Ландау, впервые описаны корреляционные свойства нового состояния материи — кварк-глюонной плазмы и предсказано новое явление — температурный гистерезис. Эти явления могут быть обнаружены на ускорителях тяжелых ионов. Развитые методы исследования фазовых переходов имеют общий характер и применяются также в теории высокотемпературных сверхпроводников.

Кувшинов В.И. — автор более 300 научных трудов, является одним из главных редакторов международного научного журнала «Nonlinear Phenomena In Complex Systems», издающегося на английском языке Институтом физики НАН Беларуси совместно с БГУ, является председателем Оргкомитета международных семинаров «Нелинейные явления в сложных системах» и координирует научные исследования в области нелинейной динамики в Беларуси. Под его руководством защищены одна докторская и восемь кандидатских диссертаций. В течение многих лет Кувшинов В.И. преподает на физическом факультете БГУ и руководит работами аспирантов и студентов, читает лекции школьникам, победителям олимпиад по физике и математике.



Кувшинов В.И. неоднократно стажировался и работал в Европейском центре ядерных исследований (Швейцария). Он член международной коллаборации CMS строящегося ускорителя LHC (CERN), является членом Совета по защите докторских диссертаций Института физики НАН Беларуси, Координационного совета по сотрудничеству с Объединенным институтом ядерных исследований (г. Дубна), членом правления Общественного объединения «Белорусское физическое общество».

Научные достижения Кувшинова В.И. получили широкое признание. В 2004 г. ему присуждена премия НАН Беларуси им. академика Ф.И. Федорова за цикл работ «Методы Ф.И. Федорова: развитие и приложение в физике полей и частиц». В 2006 г. Кувшинов В.И. в соавторстве удостоен премии академий наук Беларуси, Украины, Молдовы за выдающиеся научные результаты, полученные при выполнении совместных научных исследований «Исследование коллективных эффектов во взаимодействии частиц и их использование в квантовых компьютерах, высокотемпературной сверхпроводимости, теории дифракции, электронных наноразмерных устройствах с регулируемым квантовым туннелированием, в кварк-глюонной плазме».

Кувшинов В.И. — известный ученый, имеет большой опыт научно-организационной работы. С 2004 г. возглавляет Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны НАН Беларуси, который является головной организацией по государственной научно-технической программе «Ядерно-физические технологии для народного хозяйства Беларуси» и выполняет исследования в области атомной энергетики, ядерных и радиационных технологий, исследования по ядерной физике и физике высоких энергий, физике подкритических и критических систем, развитию методов оценки последствий и принятия решений в чрезвычайных ситуациях.

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКОГО И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВодОВ ФРЕЗЕРНОЙ МАШИНЫ

Козлович П.А.; Гриценко П.А.

*Мозырский государственный педагогический университет,
инженерно-педагогический факультет*

Характерной чертой современных мелиоративных машин с механическим приводом рабочих органов является сложная и, как правило, разветвленная трансмиссия. Рабочий режим мелиоративных машин отличается наличием резкопеременных нагрузок. Достоверное определение этих нагрузок связано с большими трудностями, поэтому необходимо постоянное и всестороннее изучение процессов формирования нагрузок в различных режимах работы. Проведен ряд исследований мелиоративных машин, в результате чего получен материал, позволивший установить важные закономерности в процессе формирования динамических нагрузок в элементах привода.

Случайный характер формирования сил сопротивления грунтов резанию и копанию, разные прочность и влажность грунта, наличие включений в виде погребенной древесины, пней и корневых остатков, колебания машин в вертикальной и горизонтальной плоскостях при движении по поверхности земли, обрушения грунта в случайные моменты времени, все это вызывает необходимость подхода к изучению нагрузок в элементах привода с позиций теорий случайных функций.

В настоящее время динамическая составляющая нагрузок в рабочем режиме еще довольно часто учитывается коэффициентом динамичности.

Современный подход к расчету надежности и долговечности машин, к выбору наиболее рационального типа привода и его параметров в условиях действия переменных нагрузок требует изучения динамических свойств приводов, которые оцениваются частотными характеристиками. Таким образом, можно на стадии проектирования оценить динамические свойства различных типов привода и выбрать из них оптимальный. Современные мелиоративные машины, как правило, имеют механический привод рабочих органов. Применение гидropердач упрощает конструкцию привода, придавая ему в некоторых случаях новые качества. Гидропривод прост в управлении, надежен в эксплуатации, уровень динамиче-

ских нагрузок в элементах привода значительно ниже, чем в механических передачах. Другое качество гидрообъемного привода заключается в том, что процесс реализации его кинетической энергии также является управляемым. Это в конечном итоге определяет надежное ограничение действующих в системе усилий, а также способствует снижению энергетических затрат.

Одним из основных параметров привода, характеризующих состояние систем, является жесткость, которая в гидрообъемном приводе быть изменена в широких пределах, что может в принципе обеспечить наиболее благоприятный режим работы машины при переменном законе нагружения.

Следует отметить, что упрощенный подход к расчету гидропривода без учета динамических характеристик и без взаимосвязей различных параметров машины приводит к недопустимым погрешностям в оценке процесса работы системы гидропривода, что в конечном счете снижает эффективность его использования на мелиоративных машинах.

Привод мелиоративных машин представляют сложную динамическую систему, на вход которой (рабочие органы) поступает случайная по частоте колебания и амплитуде нагрузка, возникающая в процессе взаимодействия грунта с рабочими органами. Величина и характер динамических нагрузок в различных участках привода, как правило, отличается от нагрузки на исполнительных органах. Динамические нагрузки в элементах привода определяются с одной стороны величиной и характером нагрузки на исполнительном органе, а с другой — динамическими свойствами самой системы.

Для аналитического исследования процесса формирования динамических нагрузок и математического описания работы привода, механизм представляется в виде условной схемы, т.е. к приведенной 2-х массовой системе. Для практических расчетов работа привода в установленном режиме достаточно точно описывается системой линейных дифференциальных уравнений с

постоянными коэффициентами, учитывающей свойства привода, характеристику дизельного двигателя и внешнюю нагрузку.

Изучение и сравнительную оценку динамических свойств механического и гидрообъемного привода мелиоративных машин удобно проводить с позиций теории случайных функций и статической динамики. Методы исследований известны в теории автоматического регулирования.

Точное количественное представление о поведении привода при изменяющейся случайно нагрузке можно получить при сравнении амплитудно-частотных характеристик механического и гидравлического привода.

Как показали исследования применение гидрообъемного привода в фрезерной машине МТП-44А увеличивает коэффициент использования двигателя с 0,58 (при механическом приводе) до 0,77. Кроме этого снижение динамических нагру-

зок приведет к увеличению надежности машины за счет повышения усталостной прочности элементов привода.

Литература

1. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. – Гидравлика и гидравлические приводы. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Гриценко П.А. Разработка и обоснование технических средств, повышающих производительность и надежность фрезерных машин, взаимодействующих с застарелой почвой. Дисс. Канд. техн. наук. г. Горки, БСХА, 1985.
3. Калекин А.А. Гидравлика и гидравлические машины. – М.: «Мир», 2005.
4. Яковлев Н.А. Гидравлика и ее применение в гидромашинах. Л.: ЛПИ, 1986.

ОБОСНОВАНИЕ МЕСТА УСТАНОВКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ В ТРАНСМИССИИ ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ

Козлович П.А.; Гриценко П.А.

*Мозырский государственный педагогический университет,
инженерно-педагогический факультет*

Для защиты элементов привода землеройных машин и машин для фрезерования застарелых почв применяют предохранительные муфты. Тензометрические замеры нагрузок на машинах для фрезерования застарелых почв показали, что фактический коэффициент динамичности колеблется в пределах 1,8...3,8 в зависимости от условий фрезерования и структурно-механических свойств залежи [1]. Наибольшее полное требованиям защиты от перегрузок привода отвечают фрикционные предохранительные муфты из-за наибольшей точности срабатывания и чувствительности, что позволяет достаточно полно использовать мощность двигателя трактора и избежать дополнительных динамических нагрузок, предохранить трансмиссию от перегрузок.

При проектировании новой машины весьма важно не только рассчитывать конструктивные параметры предохранительной муфты, но и определить рациональное место ее установки в транс-

миссии (ближе к рабочему органу либо к двигателю, либо в середине трансмиссии).

Рассмотрим эти вопросы на применяемых в машинах для глубокого фрезерования застарелых почв много дисковых фрикционных муфтах. Вращающий момент, передаваемый многодисковой муфтой [2] определяется по формуле:

$$M = \frac{2}{3} \pi f q n (R^3 - R_0^3). \quad (1)$$

Где f — коэффициент трения; q — удельное давление; R, R_0 — наружный и внутренний радиус дисков.

То есть, для геометрически подобных муфт на основании уравнения (1) запишем:

$$D \sim \sqrt[3]{M}, \quad (2)$$

где D — диаметр муфты; \sim — знак пропорциональности.

Существующие фрикционные дисковые муфты хорошо согласуются с зависимостью (2).

Согласно теории подобия вес (а следовательно и масса) сплошных деталей пропорционален кубу их линейных размеров. Тогда с учетом выражения (2) вес муфты пропорционален передаваемому крутящему моменту, т.е.

$$G \sim m \sim M. \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) дают возможность определить закон изменения момента инерции муфты или величины ей пропорциональной:

$$I \sim G D^2 \sim M^{\frac{5}{3}}. \quad (4)$$

При переносе маховой массы с одного вала на другой моменты инерции (I_1, I_2) вращающие моменты (M_1, M_2) определяются по формулам:

$$\begin{aligned} I_2 &= I_1 u^2 \\ M_2 &= M_1 u, \end{aligned} \quad (5)$$

где u — передаточное отношение; $I = G D^2$ — момент инерции

Из уравнения (5) получаем

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{M_2^2}{M_1^2}, \text{ т.е. } I \sim M^2, I \sim G D^2 \sim M^2. \quad (6)$$

Анализ формул (4) и (6) показывает, что при переносе муфты с быстроходного вала ($I_1; M_1$) на тихоходный ($I_2; M_2$) ее момент инерции увеличивается медленнее, чем этого требует условие сохранения эквивалентной системы. Отсюда следует, что с переносом муфты от двигателя к рабочему органу ее приведенный момент инерции уменьшается. Если предположить, что момент инерции ведомой части муфты составляет определенную и постоянную часть от момента инерции всей муфты, а также что величина динамических нагрузок, действующих на рабочий орган фрезерной машины при стопорении приблизительно пропорциональна суммарному приведенному мо-

менту инерции тормозящихся масс в степени $\frac{1}{2}$, то приведенный выше анализ дает возможность сделать вывод о целесообразности установки муфты как можно ближе к рабочему органу.

На основании вышеуказанных теоретических выводов был разработан и исследован рабочий орган фрезерной почвообрабатывающей машины МТП-44А со встроенной во фрезу (рабочий орган) фрикционной предохранительной муфтой [3], агрегируемой трактором Т-170Б.

Анализ сравнительных испытаний с серийным образцом машины МТП-44А, где муфта фрикционная предохранительная устанавливалась вначале трансмиссии, показал высокую эксплуатационную надежность машины и снижение среднемаксимального крутящего момента на карданном валу (начало трансмиссии) на 56%, на валу рабочего органа (конец трансмиссии) на 71%.

Испытания подтверждают целесообразность установки предохранительных муфт как можно ближе к рабочему органу.

Литература

1. Гриценко П.А. Разработка и обоснование технических средств повышающих производительность и надежность фрезерных машин, взаимодействующих с закустаренной почвой. — Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук, Горки, 1985.
2. Ряховский С.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. Л., 1991.
3. А.С. № 1037850 (СССР). Фрезерная почвообрабатывающая машина. Гриценко П.А., Каменко М.Х., Шейнин Е.И. и др. — Оpubл. в Б.И. № 32, 1983.

УДК 621.771.061:621.771.013.002

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ ПКП «АМТ ИНЖИНИРИНГ» НА РУП «МТЗ»

*Рудович А.О., Клушин В.А., Лешкович М.Ф.
«АМТ инжиниринг», БНТУ, РУП «МТЗ»*

На большинстве предприятий машиностроительного комплекса при производстве ступенчатых валов основной формообразующей операцией являются горячая штамповка на КГШП или молотах с последующей обрезкой облоя на прес-

сах или высадка на ГКМ.

Анализ номенклатуры ступенчатых валов диаметром 32...80 мм и длиной до 500 мм на РУП «Минский тракторный завод» (РУП «МТЗ») показал, что КИМ при штамповке поковок состав-

ляет 0,57...0,85, а с учетом последующей механической обработки общий коэффициент использования металла не превышает 0,37...0,66.

Наиболее экономичным способом изготовления ступенчатых валов на данном этапе развития заготовительного производства является поперечно-клиноватая прокатка (ПКП). Прокатка обеспечивает по сравнению со штамповкой повышение производительности в 1,5...2 раза и значительную экономию металла. На линиях ПКП «АМТ инжиниринг» серии WRL можно прокатывать поковки диаметром от 8 до 100 мм и длиной от 40 до 800 мм.

Опыт промышленной эксплуатации линий ПКП серии WRL (WRL63) на РУП «МТЗ» с 1999 г. показал правильность выбранных направлений [1] совершенствования прокатного оборудования, средств нагрева и автоматизации. Квалифицированная эксплуатация оборудования и его своевременное техническое обслуживание обеспечили многолетнюю безотказную работу линий производства 14 наименований поковок для трактора МТЗ.

Припуск под механическую обработку поковок ступенчатых валов массой от 0,7 до 6,4 кг, по согласованию с РУП «МТЗ», составляет 1,5–2,0 мм. Поля допусков на диаметральные размеры поковок до 32 мм находятся в пределах 0,7–0,8 мм для массы поковок до 4,4 кг, а для размеров 32–80 мм и массой 4,4–6,4 кг в пределах 1,0–1,6 мм. Для сравнения поля допусков при горячей

штамповке поковок (повышенная точность по нормам DIN EN 10243-1) для аналогичных поковок группы стали М2 и сложности S2, соответственно, составляют 1,6 мм и 2,0 мм.

Благодаря модульному исполнению средств нагрева и автоматизации состав линии ПКП для РУП «МТЗ» был сформирован, по согласованию с заказчиком, в зависимости от номенклатуры и программы выпуска поковок, требуемой точности и капитальных затрат.

Линия WRL63 (рис. 1) включает бункер загрузочный 1, ориентатор заготовок 2, устройство 3 загрузки заготовок в индукционный нагреватель 4, пирометр 5, манипулятор 6, механизм загрузки 7 стана прокатного 8, станцию гидропривода 9, шкаф управления 10, пульт 11 управления линией, пульта 12 и 13 наладки стана и загрузки индукционного нагревателя, соответственно.

Линия укомплектована также приспособлением 14 для смены инструментов, коммуникациями разводки электроснабжения, гидравлической и пневматической систем, лотками, транспортерами и тарой для поковок, концевых отходов и заготовок.

Изготовление поковок на линии осуществляется в следующей последовательности.

Мерные заготовки перегружаются с грейферной тары в загрузочный бункер 1 при помощи цехового мостового крана. Бункер-накопитель заготовок до 2 т, снабжен наклонным виброподдоном,

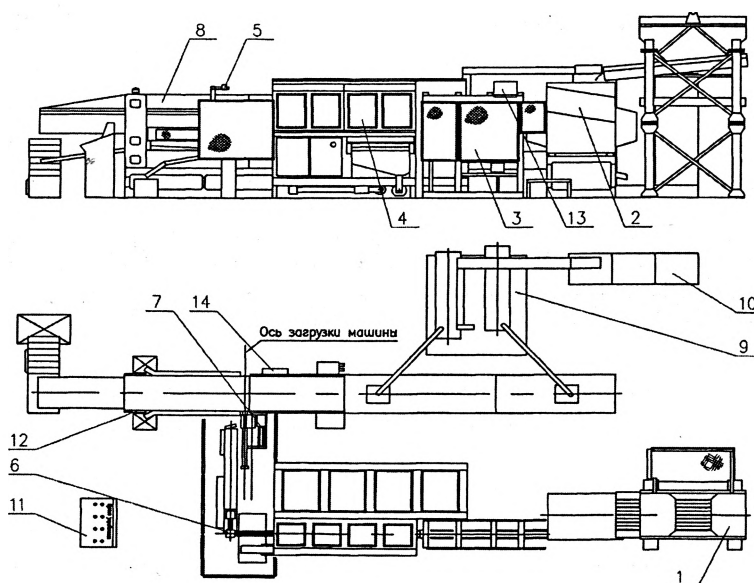


Рис. 1. Общий вид линии поперечно-клиновой прокатки WRL63

по которому заготовки перемещаются и подаются в ориентатор 2.

Заготовки в ориентатор 2 поступают из загрузочного бункера 1 периодически, с расчетом его одновременной загрузки не более 40 кг. Предусмотрено автономное управление загрузочным бункером 1 и ориентатором 2 (включение, выключение, изменение производительности) с пульта 13, установленного на устройстве загрузки 3. Боковые стенки сварного корпуса, наклонное дно и вертикальная щека ориентатора образуют емкость со щелевым дном, в котором расположен нож с возможностью возвратно-поступательного перемещения в вертикальном направлении. Дно корпуса и нож выполнены наклонными для улучшения захвата заготовок ножом, их ориентации и подачи на рольганг устройства 3 загрузки в индукционный нагреватель.

Устройство загрузки 3 обеспечивает в заданном цикле накопление и поддержание на наклонном рольганге устройства столба заготовок из 4–8 заготовок, в зависимости от их длины. Устройство обеспечивает также, отделение от столба нижней заготовки при помощи гидравлического анкерного отсекавателя, передачу заготовки в клеть подъемника, подъем заготовки до оси индуктора и подачу (заталкивание) заготовки в индуктор нагревателя 4 толкателем гидроцилиндра механизма подачи. Наличие заготовки в клетке подъемника и поддержание заданной длины столба заготовок на наклонном рольганге устройства загрузки контролируется конечными выключателями. При переполнении наклонного рольганга устройства загрузки заготовками дается команда на выключение загрузочного бункера и ориентатора и их включение, если длина столба заготовок становится меньше заданной величины.

В индукторе индукционного нагревателя 4 столб заготовок по мере его проталкивания последующей заготовкой постепенно нагревается до заданного значения температуры нагрева, а заготовка, находящаяся у выходной секции индуктора выталкивается на приводной рольганг и транспортируется им до упора, где пирометром 5, адаптированным к условиям наличия окалины на

заготовке, осуществляется контроль ее температуры. В случае нарушения температурного режима нагрева заготовки манипулятор удаляет заготовку в специально установленную тару для повторного использования.

Если температура заготовки находится в заданном технологическим процессом интервале температур, то пневматический манипулятор 6 захватывает заготовку схватами, поднимает и переносит ее стрелой, с поворотом на 90°, и осуществляет выгрузку заготовки на призму механизма 7 загрузки стана 8. После чего стрела манипулятора возвращается в исходное положение, а призма с нагретой заготовкой опускается и перегружает заготовку на приемный лоток механизма загрузки стана путем опрокидывания. Далее подпружиненным толкателем пневмоцилиндра заготовка подается в рабочую зону стана на подъемный лоток механизма подачи.

Подъем заготовки на ось прокатки осуществляется механизмом подачи в момент совершения станом рабочего хода прокатки заготовки клиновыми инструментами. В конце рабочего хода от прокатанной поковки отрезными ножами отделяются концевые отходы и удаляются через боковые лотки в тару для отходов. Поковка выкачивается с нижнего инструмента на наклонный лоток и транспортером выгружается в тару.

Внедрение линии WRL63 на РУП «МТЗ» позволило увеличить КИМ при производстве поковок до 70...90%. Наибольшая экономия металла получена при прокатке поковок, ранее изготавливаемых на КГШП и в меньшей степени на ГКМ. По 14 поковкам с общим объемом производства 312,5 тыс. шт. в год получена экономия металла более 25 т. Увеличена производительность в 1,6...2,4 раза. По сравнению с высадкой на ГКМ увеличена стойкость инструмента в 20 раз.

Литература

1. Рудович А.О. Перспективное направление развития оборудования поперечно-клиновой прокатки // Прогрессивные технологии поперечно-клиновой прокатки. Материалы международной научно-технической конференции. – Мн.: УП «Технопринт». 2002. С. 118–119.

ЧУП «ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР» ОО «БОИМ»

представляет для персонала, обслуживающего объекты повышенной опасности, а также для средне-специальных и профессионально-технических учебных заведений, готовящих специалистов для промышленности, строительства, жилищно-коммунального и других отраслей народного хозяйства, книги-пособия, которые могут быть использованы для повышения квалификации рабочих и ИТР

| № п/п | Наименование изданий | Ед. изм. | Свободная отпускная цена за ед., руб. | НДС | | Цена с НДС, руб. |
|-------|---|----------|---------------------------------------|----------|------------|------------------|
| | | | | ставка % | сумма руб. | |
| 1 | В помощь персоналу, обслуживающему котельные установки (в вопросах и ответах) | экз. | 6 750= | 18 | 1215= | 7 965= |
| 2 | В помощь персоналу, обслуживающему трубопроводы пара и горячей воды (в вопросах и ответах) | экз. | 5 250= | 18 | 945= | 6195= |
| 3 | В помощь персоналу, обслуживающему компрессоры, работающие на воздухе и инертных газах (в вопросах и ответах) | экз. | 4 500= | 18 | 810= | 5 310= |
| 4 | В помощь персоналу, обслуживающему КИП и А котельных установок, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды (в вопросах и ответах) | экз. | 6 250= | 18 | 1125= | 7 375= |
| 5 | В помощь персоналу, обслуживающему электроустановки (в вопросах и ответах) | экз. | 6 750= | 18 | 1215= | 7 965= |
| 6 | В помощь персоналу, обслуживающему газовое оборудование установок для газопламенной обработки металлов | экз. | 4 750= | 18 | 855= | 5 605= |
| 7 | Пособие для стропальщиков (в вопросах и ответах) | экз. | 5 750= | 18 | 1035= | 6 785= |
| 8 | Пособие по разработке технологических карт для безопасной работы грузоподъемных кранов при выполнении погрузочно-разгрузочных и строительномонтажных работ | экз. | 6 000= | 18 | 1080= | 7 080= |
| 9 | Неисправности в работе котельных установок, трубопроводов пара и горячей воды, их предупреждение и устранение (в вопросах и ответах) | экз. | 4 750= | 18 | 855= | 5 605= |
| 10 | Термины и определения по охране труда и промышленной безопасности | экз. | 4 000= | 18 | 720= | 4 720= |
| 11 | Методические указания по составлению паспортов трубопроводов 4-ой категории (МУ 11-02.2000) | экз. | 1500= | 18 | 270= | 1770= |
| 12 | Механизация процессов химизации в растениеводстве (пособие) | экз. | 5 000= | 18 | 900= | 5 900= |
| 13 | Вахтенный журнал подъемника | экз. | 5 000= | 18 | 900= | 5 900= |
| 14 | Журнал учета аварий подъемников | экз. | 3 250= | 18 | 585= | 3 835= |
| 15 | Журнал «Инженер-механик», № 1(30)/2006 г.; № 2(31)/2006 г. | экз. | 7 500= | 18 | 1350= | 8 850= |
| 16 | <i>Новинка: Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов</i> | экз. | 8 000= | 18 | 1440= | 9440= |
| 17 | <i>Новинка: Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением</i> | экз. | 8 250= | 18 | 1485= | 9 735= |
| 18 | <i>Новинка: Приборы безопасности грузоподъемных кранов (пособие наладчику)</i> | экз. | 7 250= | 18 | 1305= | 8 555= |
| 19 | <i>Новинка: Методические рекомендации по проведению технического диагностирования грузоподъемных кранов с истекшим сроком службы</i> | экз. | 19500= | 18 | 3510= | 23010= |

| № п/п | Наименование изданий | Ед. изм. | Свободная отпускная цена за ед., руб. | НДС | | Цена с НДС, руб. |
|---------------------------|---|----------|---------------------------------------|----------|------------|------------------|
| | | | | ставка % | сумма руб. | |
| 20 | Новинка: Новик И.Г. Трубопроводы из полимерных материалов | экз. | 6500= | 18 | 1170= | 7670= |
| 21 | Новинка: Дядичкин А.Ф. Действия по локализации и ликвидации аварий в котельных (практическое пособие) | экз. | 2500= | 18 | 450= | 2950= |
| 22 | Новинка: Парфенович П.П., Парфенович К.П. Справочное пособие «Технадзор за строительством объектов газопотребления» | экз. | 8136= | 18 | 1464= | 9 600= |
| 23 | Новинка: Дойников В.Б. «В помощь персоналу, обслуживающему медицинские паровые стерилизаторы» (в вопросах и ответах) | экз. | 6000= | 18 | 1080= | 7080= |
| Готовятся к печати | | | | | | |
| 24 | Справочное пособие работника газового хозяйства. Под ред. И.Г. Новик | экз. | | | | |
| 25 | Линчук И.В. Пособие по подготовке лиц, занятых на перевозке опасных грузов автомобильным транспортом | экз. | | | | |
| 26 | Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов | экз. | | | | |
| 27 | Технический кодекс «Техническое диагностирование технических устройств». Общие положения» | экз. | | | | |
| 28 | Технический кодекс «Котлы водогрейные типа КВГМ, ПТВМ. Порядок проведения технического диагностирования и экспертного обследования» | экз. | | | | |
| 29 | Технический кодекс «Котлы малой производительности типа Е-1,0 0,9 МЗК-8. Порядок проведения технического диагностирования» | экз. | | | | |
| 30 | Технический кодекс «Котлы типа ДКВР (ДКВ, КРШ и другие. Порядок проведения технического диагностирования и экспертного обследования» | экз. | | | | |
| 31 | Технический кодекс «Котлы жаротрубного и дымогарного типа. Порядок проведения технического диагностирования и экспертного обследования» | экз. | | | | |
| 32 | Технический кодекс «Резервуары для жидкой двуокиси углерода. Порядок проведения технического диагностирования и экспертного обследования» | экз. | | | | |
| 33 | В помощь персоналу, обслуживающему сосуды, работающие под давлением (в вопросах и ответах). Издание третье, переработанное и дополненное | экз. | | | | |

По вопросам приобретения литературы следует обращаться по адресу:
 Минск, 220030, ул. Комсомольская, 11, ком. 1А,
 тел./факс: (017) 203-88-80; 226-73-36
 р/с № 3012000005499 в ф-ле № 500 Минского управления АСБ «Беларусбанк»,
 код 601, г. Минск, ул. Романовская Слобода, 9
 УНН 190579809, ОКПО 37655552

Книги также можно приобрести в магазинах «Подписные издания», «Деловая книга» в г. Минске; «Профессиональная книга», «Книги и канцтовары» в г. Гродно; «Дружба» в г. Бресте; сети магазинов «Гродночка», «Могилевкнига», «Витебсккнига» и «Гомелькнига»

РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

| | |
|---|----|
| Фуллерены — новые молекулы для новых материалов | 1 |
| Основные пути эффективной переработки и использования алюминиевых отходов (стружка, шлаки). | 9 |
| Численное моделирование в аспекте создания систем автоматизации проектирования технологий поперечной и поперечно-клиновой прокаток | 14 |
| Об использовании суперкомпьютеров при проектировании технологий пластического формообразования | 17 |

ИМЯ В ИСТОРИИ

| | |
|--|----|
| Санкт-Петербургской академии механик | 21 |
|--|----|

ЛЮДИ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ

| | |
|---|----|
| Академик Петр Александрович Витязь. | 23 |
|---|----|

ВЕЛИКАЯ ОТЕЧЕСТВЕННАЯ

| | |
|----------------------------------|----|
| Кавалер ордена «Победа». | 27 |
|----------------------------------|----|

ИНФОРМАЦИЯ К РАЗМЫШЛЕНИЮ

| | |
|---------------------|----|
| Чернобыль | 29 |
|---------------------|----|

ИЗ ИСТОРИИ АВИАЦИИ

| | |
|--|----|
| Первыми были самолеты Хейнкеля | 31 |
|--|----|

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Некоторые аспекты при использовании древесины в твердотопливных котлах для ГВС. | 34 |
|--|----|

ТОРЖЕСТВО ТЕХНОЛОГИЙ

| | |
|----------------------------|----|
| Меж двух океанов | 36 |
|----------------------------|----|

ЮБИЛЕИ

| | |
|--------------------------------------|----|
| Вячеслав Иванович Кувшинов | 40 |
|--------------------------------------|----|

РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

| | |
|--|----|
| Анализ механического и гидравлического приводов фрезерной машины | 41 |
| Обоснование места установки предохранительной муфты в трансмиссии землеройной машины. | 42 |
| Опыт эксплуатации линий ПКП «АМТ инжиниринг» на РУП «МТЗ». | 43 |

| | |
|----------------------------|----|
| СООБЩЕНИЯ | 46 |
|----------------------------|----|

Ж «И-М» издается с июля 1998 года. Выходит один раз в три месяца. Подписной индекс 00139.

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Журнал зарегистрирован в Госкомитете РБ по печати, свидетельство № 1132 от 21 апреля 1998 года

Главный редактор — академик НАН Беларуси С.А. АСТАПЧИК

Редакционная коллегия: М.С. ВЫСОЦКИЙ, В.Н. ДАШКОВ, Ю.М. ЗАХАРИК, А.Б. ЗУЕВ,
С.М. КРАСНЕВСКИЙ, Л.Н. КРУПЕЦ, Д.И. КОРОЛЬКОВ, Г.С. ЛЯГУШЕВ,
Е.И. МЕДВЕЦКИЙ, М.Г. МЕЛЕШКО, И.А. СОЛОДУХА, В.А. ШУРИНОВ

Компьютерный набор, верстка, дизайн Ходарина Л.П.

Журнал выходит на русском и белорусском языках.

Мнение авторов публикуемых материалов может не совпадать с мнением редакции.

Заказчики несут ответственность за содержание своих объявлений и рекламы.

Наш адрес: 220141, г. Минск, ул. Купревича, 10. Тел. 264-43-85, 264-60-10, 226-73-36.

Лицензия ЛП № 02330/0133131 от 30.04.2004 г. Подписано к печати 20.11.2006 г.

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печатных листов 5.

Тираж 475 экз. Заказ № 518 . Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»



ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ О БЕСЦИНКОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЛАХ

Широта распространения гидравлических систем в различных областях нашей жизни поистине впечатляет. Это и коммерческий транспорт, и внедорожная техника, и строительство, а также практически все отрасли современной индустрии. Поэтому неудивительно, что гидравлические системы стремительно развиваются. В настоящее время можно выделить следующие тенденции конструктивного совершенствования гидроприводов.

Во-первых, это увеличение отношения передаваемой мощности к массе привода. Путем использования более легких металлов и сплавов конструкторы добиваются уменьшения общей массы привода, не ослабляя при этом его мощности.

Во-вторых, это уменьшение рабочих зазоров между деталями рабочего органа (выходной и приемной полостей гидросистемы): механизмы становятся более технологичными, рабочее давление в них повышается, а значит, растет и мощность.

Очевидно, что указанные тенденции предъявляют особые требования к гидравлическим маслам, используемым в таком оборудовании. Учитывая специфику функционирования гидросистем — высокое давление и связанные с ним экстремальные нагрузки — для гидравлических масел крайне важно обладать хорошими противоизносными свойствами. В качестве противоизносной присадки во многих продуктах используются цинкосодержащие соединения. Они обладают рядом преимуществ и отлично справляются со своей функцией. Однако, для современных гидравлических систем этого иногда оказывается недостаточно. Для успешного функционирования в гидроприводах, конструктивные элементы которых содержат цветные металлы и которые характеризуются крайне малыми зазорами между деталями рабочего органа, гидравлические масла должны обладать еще как минимум двумя важными характеристиками:

- нейтральностью по отношению к длительно контактирующим с ними материалам (главным образом к цветным металлам);
- отличной чистотой и (или) фильтруемостью, особенно в условиях попадания в рабочую жидкость воды.

Масла с цинкосодержащими присадками далеко не всегда соответствуют указанным выше характеристикам. Именно поэтому все большее распространение сейчас получают так называемые бесцинковые масла. Что они собой представляют и как они функционируют в гидравлической системе,

рассмотрим на примере серии масел ТНК Гидравлик ZF. Вместо цинкосодержащего в них используется безольный пакет присадок, состоящий из аминных солей и сложных эфиров дитиофосфорной кислоты. Кроме отличных противоизносных свойств, данный пакет придает гидравлическим маслам химическую нейтральность и значительно улучшает их фильтруемость.

В современных гидросистемах машин и механизмов присутствуют детали из разных металлов: разных марок стали, алюминия, бронзы, которые могут подвергаться коррозионно-химическому изнашиванию. Использование безольных присадок делает ТНК Гидравлик ZF максимально соответствующими для удовлетворения требований химической нейтральности по отношению к различным металлическим поверхностям.

Наличие малых зазоров рабочих пар в современных гидросистемах (особенно, оснащенных аксиально-поршневыми механизмами) выдвигает особые требования к чистоте рабочих жидкостей. Поэтому в составе гидравлических масел крайне нежелательно наличие механических примесей и воды, которые могут привести не только к износу элементов гидрооборудования, но и к заклиниванию деталей. Даже незначительное количество (0,05–0,1%) воды, попадающей в гидросистему с маслом или в процессе эксплуатации, ускоряет процесс окисления масла, вызывает гидролиз гидролитически неустойчивых его компонентов (в частности, присадок — солей металлов). Таким образом, вода способствует образованию шлама неорганического и органического происхождения, который забивает фильтр и зазоры оборудования. Перечисленные выше проблемы автоматически снимаются при использовании бесцинковых гидравлических масел. Обычные противоизносные присадки, содержащие цинк, обладают слабой гидролитической стабильностью и разлагаются под воздействием воды, образуя загрязнения. Гидравлические масла на безольном пакете присадок обладают превосходной гидролитической стабильностью, то есть они не разлагаются под действием воды. Благодаря этому свойству масла гарантируется чистота, а значит, и долгий срок эксплуатации гидравлической системы.

Указанные преимущества определяют выбор бесцинковых гидравлических масел в качестве предпочтительных для использования в современных гидроприводах различных машин и механизмов.

| DIN 51524 | | Тип масла |
|-----------|-------|---|
| | H | минеральное без присадок |
| Часть I | HL | минеральное с ингибиторами коррозии и антиокислительными присадками |
| Часть II | HLP | минеральное с ингибиторами коррозии и противоизносными присадками |
| Часть III | HLP-V | то же, что масло HLP + улучшенные вязкостно-температурные свойства |

Основные части DIN 51524 (Deutsche Industrie-Normen) - это система промышленных стандартов в Германии

ТНК Гидравлик ZF 32, 46, 68 Безольные гидравлические масла

ТНК Гидравлик ZF — это серия безольных гидравлических масел с улучшенными характеристиками, которые предназначены для использования в высоконагруженных гидросистемах импортного и отечественного промышленного оборудования.

Масла серии ТНК Гидравлик ZF изготавливаются на базе минеральных масел глубокой селективной очистки со специальным пакетом импортных присадок, используемым ведущими мировыми изготовителями масел. Данный пакет не содержит металлов, а также улучшает антиокислительные, антикоррозионные и противоизносные свойства масла. Масла серии ТНК Гидравлик ZF характеризуются великолепной фильтруемостью.

Масла с данным пакетом присадок соответствуют требованиям DIN 51524 часть II (HLP). Они также соответствуют следующим стандартам: Denison HF-O, 1, 2; Vickers I-286-S; Bosh Rexroth RE90 220; GM LS2.



СУПЕРВЫСОТКА

Так видит высотное здание в комплексе "Москва Сити" знаменитый английский архитектор Норман Фостер.

ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗДАНИЯ

| | |
|--|-------|
| Высота до вершины здания | 600 м |
| Высота до верхнего обитаемого этажа | 500 м |
| Длина межэтажных пролетов | 21 м |
| Стандартная высота этажа | 4 м |
| Количество этажей над землей | 118 |
| Количество этажей под землей (3 торговых и 6 подвальных) | 9 |
| Количество лифтов | 101 |
| Количество мест на автомобильной парковке | 3680 |



220050, г. Минск,

ул. Комсомольская, 11-1А,

тел/факс 226-73-36, 203-88-80

Р/счет № 3012000005499

в филиале 500 Минского управления

АСБ "Беларусбанк" код 601,

г. Минск, ул. Романовская слобода, 9,

УНН 190579809.