

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 1 (66)
январь – март
2015

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

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

Главный редактор академик С.А. Астапчик

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

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодин-
ская, 4)
тел./ факс 203-88-80; 226-73-36
E-mail: mail@boim.by
Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 27.03.2015.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.
Тираж 200 экз. Заказ №
Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ
«Физико-техническом институте НАН Беларуси».
Лицензия ЛП № 02330/152 от 14.04.2014 г.
220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

СОДЕРЖАНИЕ

Разработки ученых и специалистов

Развитие и модернизация белорусско-рос-
сийской военной инженерной техники.....2

Направление модернизации систем при-
водов рабочего оборудования инженерной
техники.....8

Проблемы переработки влажных сырьевых
материалов и пути их решения.....16

Инновационная 3D технология.....21

Белорусский сценарий развития 3D-тех-
нологий.....24

Великие и знаменитые

Гений да Винчи.....27

Из истории авиации

Скромное обаяние маленького лайнера.....44

УДК 69.002.5 – 82

РАЗВИТИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОЙ ВОЕННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНИКИ

А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело

Белорусский национальный технический университет

В статье изложены основные направления и возможности модернизации белорусско-российской инженерной техники. Показана перспективность перевода технологического оборудования машин инженерного вооружения на базовые шасси отечественного производства. Рассмотрены возможности модернизации систем приводов технологического оборудования, перевода систем приводов на современную элементную базу.

Анализ состояния парка инженерных машин Вооруженных Сил Беларуси и России показывает моральный и физический износ основных базовых шасси, систем приводов технологического оборудования. На вооружении сегодня в частях и соединениях инженерных войск находятся следующие землеройная техника: траншейные машины, котлованные машины, универсальные землеройные машины, экскаваторы одноковшовые. В целом землеройная техника соответствует своему назначению и применение ее в современных условиях актуально и сегодня. Но вместе с тем, одной из основных проблем в вопросах эксплуатации этой техники является ее содержание, обслуживание и ремонт. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием запасных частей, и агрегатов.

Анализ парка военно-инженерной техники современных развитых стран (Великобритания, Германия, Италия, Франция) показывает однозначное стремление военных ведомств этих стран размещать военно-технические заказы на предприятиях национальных военно-промышленных комплексов. Даже при наличии единых стандартов военно-политических блоков страны стремятся производить максимальное число образцов техники и вооружения.

Характер современных боевых действий свидетельствуют о возрастающем значении подготовки позиций войск в кратчайшие сроки, повышении их надежности. Это будет обеспечиваться, в первую очередь, мобильностью и повышением

производительности инженерных машин, дальнейшей модернизацией рабочего оборудования и ходовой части.

Модернизация машин инженерного вооружения может проводиться по ряду направлений на базе промышленных предприятий транспортного машиностроения, тракторостроения Республики Беларусь. Техническая модернизация военной техники, наряду с разработкой вооружения, является основой повышения боевой мощи частей и соединений родов войск. Как в Беларуси, так и в Российской Федерации ведутся исследования по модернизации существующих базовых машин инженерного вооружения и поиск современных отечественных шасси.

Первое направление модернизации военно-инженерных машин предполагает создание гаммы принципиально новых машин инженерного вооружения на основе известных технологий боевого применения с использованием иных базовых шасси, изменения типоразмерного ряда параметров рабочего оборудования в соответствии с современными методами решения боевых задач. Комплект технологического оборудования может дополняться новыми образцами, исходя из необходимости решения ряда современных задач. Создается гамма новых машин, отличающихся массой, производительностью, стоимостью и иными характеристиками.

Для землеройных машин должны быть разработаны пневмоколесные тягово-транспортные

шасси с использованием серийно выпускаемых узлов и агрегатов. При формировании облика тягово-транспортного шасси землеройной машины необходимо обеспечить высокие тягово-сцепные качества и транспортные скорости при относительно незначительных расходах топлива. Это достигается переводом технологического оборудования из рабочего положения, когда оно находится вне тягово-транспортного шасси, в транспортное, предполагающее размещение технологического оборудования непосредственно на тягово-транспортном шасси. Для реализации этих требований тягово-транспортное шасси должно располагать грузоподъемностью и габаритными возможностями по установке технологического оборудования в транспортном режиме, что может быть достигнуто увеличением числа ведущих осей с двух до трех, четырех. Многоосные тягово-транспортные шасси широко используются при создании гаммы машин лесного комплекса, выпускаемых МТЗ.

Формирование современных землеройных машин может быть реализовано с использованием модульного принципа построения, получившего широкое использование при создании дорожно-строительной техники. Универсальный энергетический модуль, например, одноосный, сочленяется шарнирно с технологическим модулем, оснащенным собственным шасси, имеющим оптимальную конструкцию для выполнения заданных инженерных задач. В зависимости от энергоемкости технологического процесса технологический модуль может оснащаться собственной энергетической установкой, либо ходовое и рабочее оборудование подключается к системе отбора мощности силовой установки энергетического модуля. Энергетический модуль выполняется многоосным, а технологический – полуприцепным, либо прицепным. Энергетический модуль оснащается системой навески технологического оборудования (передней, задней, боковой и пр.), позволяющей использовать сменное рабочее оборудование для решения широкого круга инженерных задач.

Второе направление модернизации военно-инженерных машин предполагает переустановку технологического оборудования на серийно выпускаемые тягово-транспортные шасси. В рамках данного направления проводится коренная модернизация систем приводов рабочих органов. Предпочтение следует отдавать гидрообъемным передачам на основе современной элементной базы гидравлической аппаратуры. Использование стандартных гидравлических агрегатов систем

приводов вместо механических, выпускаемых малыми сериями, позволит снизить трудозатраты при модернизации машин, техническом обслуживании и ремонте. Системы гидравлических приводов рабочего оборудования могут развиваться в направлении формирования моноагрегатных насосных установок на базе использования многопоточных насосов, либо оснащения однопоточных насосов агрегатами деления потока рабочей жидкости.

Рабочие органы инженерных машин не требуют радикальной переработки, поскольку инженерные решения, заложенные в конструкции землеройных машин, актуальны и на современном этапе.

В рамках *третьего направления* модернизации военно-инженерных машин производится коренная модернизация существующих образцов техники, находящейся на вооружении. Это касается, прежде всего, инженерной техники, базирующейся на специальных гусеничных шасси. Ревизии и последующей модернизации могут подвергаться системы приводов технологического оборудования, трансмиссия машины и ее ходовая часть при сохранении структурных элементов машин. Кроме того, модернизация должна решить вопросы систем управления, навигации и т.д. на современном уровне. Направление предполагает перевод технологического оборудования и основных систем инженерной техники на современную элементную базу.

Рассмотрим направления модернизации инженерной техники на примере полковой землеройной машины ПЗМ-2, инженерной машины разграждения ИМР-2, котлованных машин МДК-3, МДК-2М [1].

Полковая землеройная машина ПЗМ-2 предназначена для отрывки котлованов и траншей при оборудовании позиций войск и пунктов управления. По своим тактико-техническим характеристикам ПЗМ-2 соответствует современному уровню решения боевых задач. Модернизация ПЗМ-2 в Вооруженных Силах России производится в направлении переустановки рабочего оборудования цепного экскаватора и бульдозера на колесную базу трактора К-702 (К-703) и на универсальную гусеничную базовую машину. В Республике Беларусь модернизация ПЗМ-2 может производиться в рамках второго направления, и предполагает создание новой траншейно-котлованной машины на базе доработанного по стандартам Вооруженных Сил Республики Беларусь базового шасси отечественного произ-

водства. В качестве базового шасси может быть применена модификация шасси универсального «Беларус Ш-406» производства Минского тракторного завода, а также модификация трактора МоАЗ-49011, производства Могилевского автомобильного завода.

На современном этапе при модернизации рабочего оборудования ПЗМ-2 важнейшим направлением является замена сложных и материалоемких механических систем приводов рабочего оборудования гидравлическими приводами. Рациональным является отказ от применения материалоемкой распределительной коробки и использование гидравлического привода цепного рабочего органа и метателя. Использование гидравлического привода цепного рабочего органа и метателя позволит уменьшить массу рабочего оборудования и снизить стоимость изготовления, повысит надежность рабочего оборудования, исключая поломки элементов привода при динамическом увеличении нагрузки, упростит техническое обслуживание и ремонт траншейно-котлованной машины.

Инженерная машина разграждения ИМР-2 [1] предназначена для проделывания проходов, расчистке завалов и разрушений при инженерном обеспечении боевых действий войск. Основные конструктивно-технологические решения, заложенные в рабочем оборудовании ИМР-2, соответствуют современному уровню. Модернизация инженерной машины разграждения может проводиться в рамках третьего направления и предполагает перевод системы приводов технологического оборудования на современную элементную базу. Гидросистема инженерной машины разграждения обеспечивает управление: бульдозерным оборудованием; стреловым оборудованием; башней стрелового оборудования; захватом стрелы; колейно-минным тралом; выдачей скребкарыхлителя механизма укладки. В гидросистеме инженерной машины разграждения ИМР-2 применяются шесть насосов, при этом три насоса обеспечивают работу бульдозерного оборудования и колейного минного трала, два насоса – стрелового оборудования, и один насос – оборудования манипулятора. Все группы рабочего оборудования работают раздельно. Привод насосов обеспечивает раздаточная коробка.

Одним из направлений модернизации является применение моноагрегатной насосной установки, состоящей из трех шестеренных насосов с приводом от одного вала. Насосный моноагрегат – группа 4+4+3 необходимой комплектации (150+100+50 см³) может быть произведен пред-

приятиями РБ. Авторами разработана гидросистема привода рабочих органов ИМР-2 на базе применения одного насоса переменной производительности. Может быть рекомендована насосная установка 22 (рис. 1) производства ОАО «Пневмостроймашина» РФ, состоящая из насоса 25 марки 313.3.160, номинальным объемом 160 см³ и минимальным (0-40) см³. В блоке управления 24 насоса 25 заложена информация о режиме работы насоса при использовании всех рабочих органов, и при включении необходимой позиции каждого гидрораспределителя. Система управления насосом 25 обеспечивает его работу в оптимальном режиме.

Гидросистема инженерной машины разграждения обеспечивает управление:

- бульдозерным оборудованием: перевод отвала бульдозера в транспортное и полутранспортное положение гидроцилиндром 32, управляемым гидрораспределителем 31, и стопорение отвала бульдозера в транспортном положении гидроцилиндром 37, управляемым электромагнитным краном 36; позиционирование отвала бульдозера гидроцилиндрами 39, 40, управляемыми гидрораспределителем 38 и перевод отвала в плавающее положение гидрораспределителем 41; перекоп отвала бульдозера гидроцилиндрами 43, 44, управляемыми гидрораспределителем 42;

- стреловым оборудованием: позиционирование стрелы гидроцилиндром 16, управляемым гидрораспределителем 15 и перевод стрелы в плавающее положение гидрораспределителем 14, стопорение стрелы гидроцилиндром 7, управляемым электромагнитным краном 6; выдвижение, втягивание стрелы гидроцилиндром 13, управляемым гидрораспределителем 12; позиционирование стойки стрелы гидроцилиндром 28, управляемым гидрораспределителем 27;

- башней стрелового оборудования: поворот башни гидромотором 21, управляемым гидрораспределителем 19 и перевод башни в плавающее положение гидрораспределителем 20;

- захватом стрелы: позиционирование захвата стрелы гидроцилиндром 16, управляемым гидрораспределителем 15 и перевод захвата стрелы в плавающее положение гидрораспределителем 14; поворот захвата стрелы гидроцилиндрами 2, 3, управляемыми гидрораспределителем 1; раскрытие, закрытие захвата стрелы гидроцилиндром 5, управляемым гидрораспределителем 4;

- колейно-минным тралом: перевод колейно-минного трала из походного положения в предрабочее и обратно гидроцилиндрами 34, 35, управляемым гидрораспределителем 33;

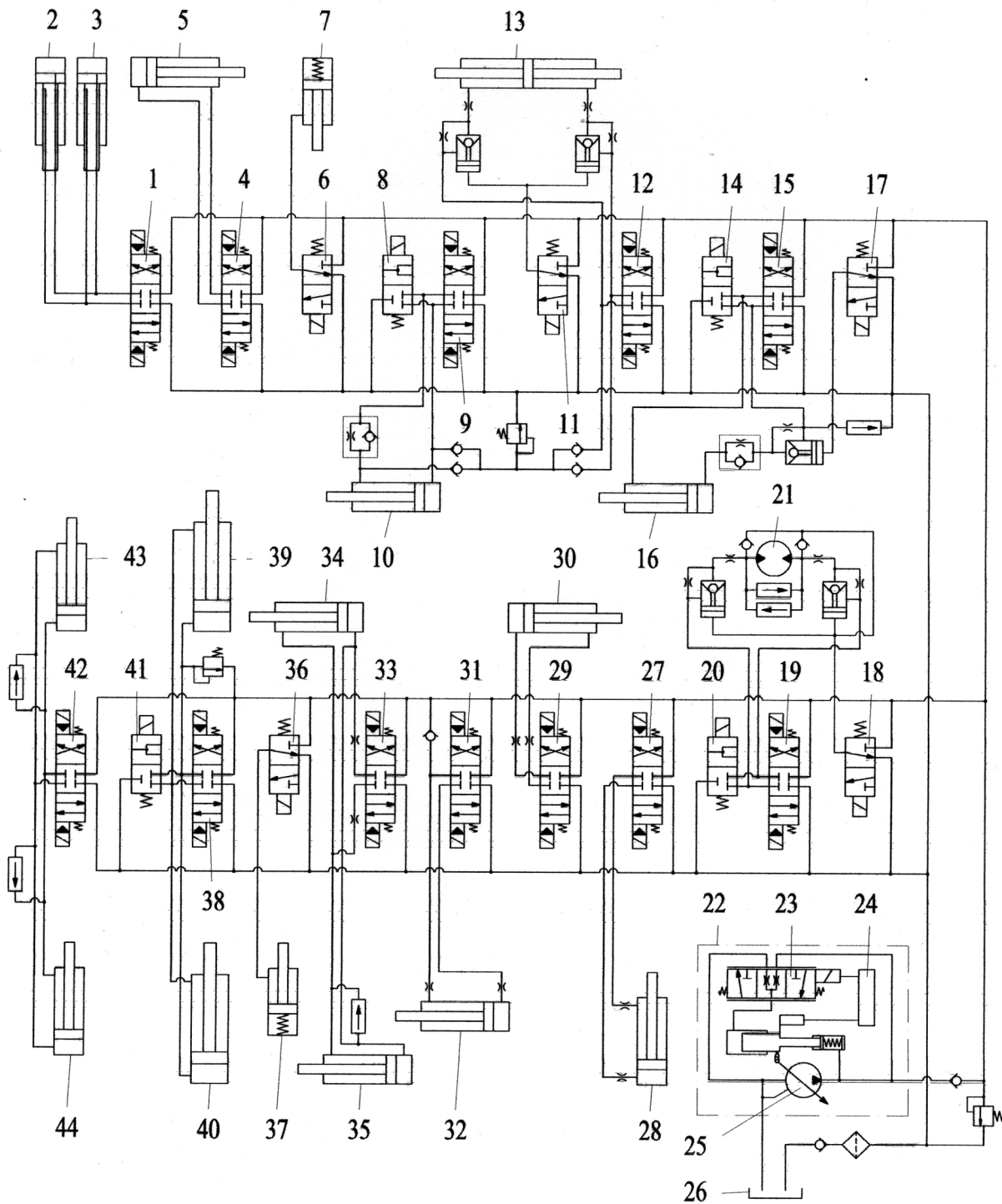


Рис. 1. Принципиальная схема гидропривода инженерной машины разграждения:
 1, 4, 8, 9, 12, 14, 15, 19, 20, 23, 27, 29, 31, 33, 38, 41, 42 – гидрораспределитель; 2, 3, 5, 7, 10, 13, 16, 28, 30, 32,
 34, 35, 39, 40, 43, 44 – гидроцилиндр; 6, 11, 17, 18, 36 – электромагнитный кран; 21 – гидромотор;
 22 – насосная установка; 24 – блок управления; 25 – насос; 26 – бак

– выдача скребка-рыхлителя механизма укладки гидроцилиндром 30, управляемым гидрораспределителем 29.

Применение насоса переменной производительности в составе системы приводов технологического оборудования инженерной машины разграждения позволит изменять режим работы технологического оборудования при изменении внешних условий, обеспечивая максимальную производительность при выполнении основных технологических операций.

На вооружении в частях инженерных войск используется котлованные машины МДК-3, МДК-2М [1], предназначенные для отрывки котлованов под фортификационные сооружения и укрытия для военной техники при инженерном оборудовании позиций войск. По своим тактико-техническим характеристикам МДК-2М устарела, а МДК-3 соответствует современному уровню решения боевых задач.

Бульдозерное оборудование предназначено для послойной разработки и перемещения грунта при планировке дна котлована, подготовке площадки перед началом рытья котлована. Рабочий орган предназначен для разработки грунта в процессе отрывки котлована и транспортирования его в отвал. Он установлен в кормовой части машины и крепится к ней шарнирно с возможностью перемещения в вертикальной плоскости. При существенном удалении на машине механизмов отбора мощности двигателя на привод рабочего органа и самого рабочего органа от двигателя рациональным является использование гидравлического объемного привода рабочего органа. Применение гидравлического привода рабочих органов МДК-3 позволяет отказаться от двух карданных валов, коробки скоростей. Аналогично применение гидравлического привода рабочих органов МДК-2М позволяет отказаться от промежуточного вала, двух карданных валов, поворотного редуктора и предохранительной муфты. Гидравлический мотор привода фрезы и метателя устанавливается на редуктор рабочего органа.

В рамках модернизации гидросистем котлованных машин МДК-3, МДК-2М для привода фрезы и метателя может быть предложена насосная установка 1 (рис. 2), состоящая из регулируемого насоса 2 с наклонным блоком цилиндров серии 313 (313.3.160), предназначенного для работы в открытом контуре и системы автоматического поддержания параметров работы насоса. Для позиционирования бульдозерного оборудования и рабочего органа котлованной машины может

быть применен один аксиально-поршневой насос 3 постоянной производительности серии 310 (310.3.56). Редуктор включения и привода насосов должен быть переработан для установки двух названных насосов. Производитель насосов ОАО «Пневмостроймашина» РФ.

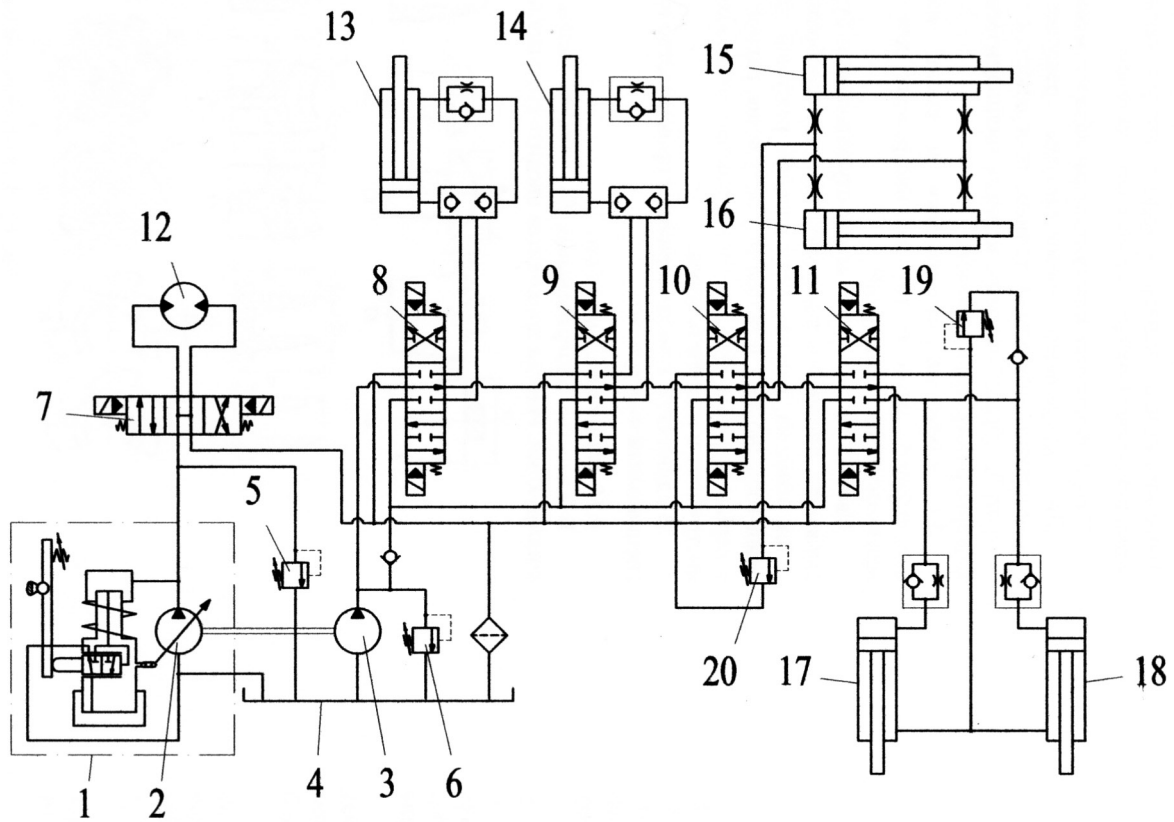
Позиционирование отвала бульдозера осуществляется гидроцилиндрами 13, 14, управляемыми гидрораспределителями 8, 9. В котлованной машине МДК-3 (рис. 2, а) рабочие полости гидроцилиндров 13, 14 заперты гидрозамками. Управление гидроцилиндрами 13, 14 отдельным гидрораспределителем 8, 9 позволяет устанавливать отвал, изменяя положение одного гидроцилиндра при запортом втором.

Перевод рабочего органа котлованной машины из транспортного положения в рабочее обеспечивается гидроцилиндрами 15, 16, управляемыми гидрораспределителем 10. В котлованной машине МДК-3 (рис. 2, а) заглубление рабочего органа обеспечивается гидроцилиндрами 17, 18, управляемыми гидрораспределителем 11. В котлованной машине МДК-2М (рис. 2, б) заглубление рабочего органа гидроцилиндрами 15, 16, управляемыми гидрораспределителем 10.

Для отрывки котлована при второй позиции гидрораспределителя 7 напорная магистраль насоса 2 связана со сливом в бак 4. Давление в напорной магистрали насоса 2 равно давлению в сливной магистрали и насос автоматически переводится в режим холостого хода, уменьшая угол наклона блока цилиндров. При переводе гидрораспределителя 7 в первую позицию (на чертеже левую) гидромотор 12 подключается к напорной магистрали насоса 2, вращая фрезу, и метатель. Давление в напорной магистрали увеличивается, и насос 2 переводится в заданный рабочий режим, обеспечивая необходимые параметры работы оборудования. При встрече рабочего органа с препятствием клапан 5 снижает динамическую нагрузку насоса 2. Реверсирование фрезы обеспечивается переводом гидрораспределителя 7 в третью позицию.

Таким образом, модернизация землеройных машин инженерного вооружения на основе использования базовых шасси отечественного производства обеспечивает повышение ремонтпригодности и эффективности боевого применения. Модернизация систем приводов рабочего оборудования землеройных машин инженерного вооружения позволит уменьшить массу рабочего оборудования и снизить стоимость изготовления, упростит техническое обслуживание и ремонт землеройных машин инженерного вооружения.

а)



б)

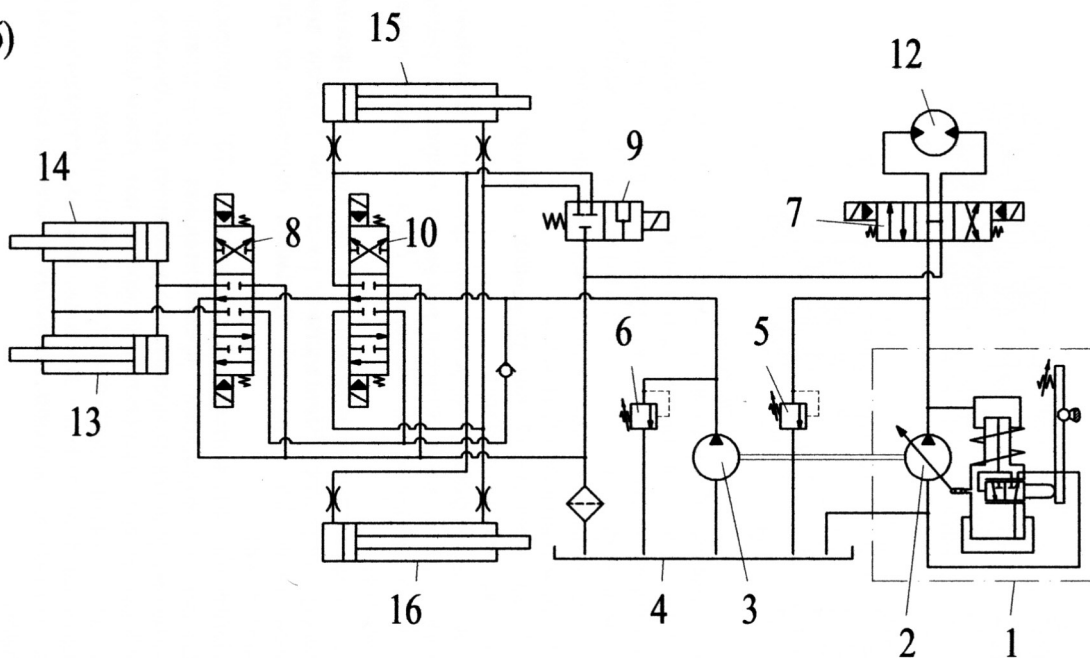


Рис. 2. Принципиальная схема модернизированного гидропривода рабочего оборудования котлованной машины:

а – МДК-3; б – МДК-2М:

1 – насосный агрегат; 2, 3 – насос; 4 – бак; 5, 6, 19, 20 – клапан; 7, 8, 9, 10, 11 – гидрораспределитель; 12 – гидромотор; 13, 14, 15, 16, 17, 18 – гидроцилиндр

Список использованных источников

1. Машины инженерного вооружения. Часть I. Общая характеристика. Машины для преодоления разрушений и механизации земляных работ: учебник для курсантов военных училищ инженерных войск / А.В. Ольшанский [и др.]; под ред. А.В. Ольшанского. – М.: Военное издательство, 1986 – 422 с.
2. Гидравлическая система рабочего оборудования землеройной машины: пат. 9926 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/40 (2010.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело и др.; заявитель Минский гос. высший авиационный колледж. – № u 20130638; заявл. 2013.07.31; опубл. 2014.02.28 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 1.
3. Гидравлическая система рабочего оборудования землеройной машины: пат. 9664 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/44 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело, С.В. Григоренко; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20130401; заявл. 2013.05.08; опубл. 2013.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5.
4. Коробкин, В.А. Агрегаты дискретного действия гидроприводов строительных и дорожных машин / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай // Строительные и дорожные машины. – 2010. № 5. – С. 43–46.
5. Коробкин, В.А. О перспективных направлениях создания гидравлических агрегатов приводов строительных и дорожных машин / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. 2012. № 6. – С. 71–76.
6. Гидравлическая система рабочего оборудования путеукладчика: пат. 9925 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/40 (2010.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело и др.; заявитель Минский государственный высший авиационный колледж. – № u 20130637; заявл. 2013.07.31; опубл. 2014.02.28 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 1.
7. Гидравлическая система рабочего оборудования путеукладчика: пат. 9327 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/40 (2010.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело и др.; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20121183; заявл. 2012.12.28; опубл. 2013.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3.

УДК 69.002.5 – 82

НАПРАВЛЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРИВодОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ТЕХНИКИ

А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело

Белорусский национальный технический университет

В статье изложены вопросы модернизации систем приводов рабочего оборудования инженерной техники, перевода систем приводов на современную элементную базу. Рассмотрены возможности модернизации систем приводов рабочего оборудования путеукладчиков, котлованных машин

На вооружении в частях и соединениях инженерных войск Республики Беларусь находятся путеукладчики, котлованные машины. В целом инженерная техника соответствует своему предназначению и применение ее в современных условиях актуально. Основной проблемой эксплуатации инженерной техники является ее обслу-

живание и ремонт, что обусловлено отсутствием запасных частей и агрегатов рабочего оборудования. Это объясняется тем, что основные разработки и производство путеукладчиков и котлованных машин выполнялись специализированными предприятиями Украины. Машины выпускались относительно небольшими сериями и не исполь-

зовались интенсивно. На современном этапе производство этих машин прекращено в связи с отсутствием рынка сбыта и финансирования подобных проектов. При этом, ресурс гусеничных базовых шасси путепрокладчиков и котлованных машины не выработан, узлы и агрегаты гусеничных базовых шасси выпускаются серийно предприятиями Российской Федерации, а технологии ремонта гусеничных машин освоены профильными предприятиями Беларуси.

Основной тенденцией развития парка военно-инженерной техники современных развитых стран (США, Великобритания, Германия, Франция) является широкое использование тяжелой инженерной техники производственно-технического назначения: для выполнения задач по подготовке и содержанию путей движения войск – бульдозеры, скреперы, грейдеры; для подготовки котлованов под различные фортификационные сооружения – одноковшовые, многоковшовые экскаваторы. Аналогичные подходы прорабатываются руководством Вооруженных Сил Российской Федерации и Республики Беларусь.

При реформировании парка инженерной техники Российской Федерации формулируются задачи замены морально устаревших машин производства Союзных Республик СССР на машины, созданные на предприятиях Российской Федерации. Так, разрабатываются проекты машин на едином унифицированном гусеничном шасси, проводится доработка средств производственно-технического назначения для выполнения задач инженерных войск.

При рассмотрении возможностей реформирования парка инженерной техники Республики Беларусь следует исходить из ограниченных возможностей по созданию единиц инженерной техники на предприятиях предприятий транспортного машиностроения Республики Беларусь. Так, предприятия транспортного машиностроения Республики Беларусь не располагают финансовыми и научно-производственными ресурсами по созданию современных гусеничных шасси и рабочего оборудования инженерной техники, приобретению инженерной техники, либо машинокомплектов на предприятиях Российской Федерации. При этом, развитая производственно-техническая база предприятий транспортного машиностроения Республики Беларусь позволяет производить ремонт инженерной техники и модернизацию ее по ряду направлений.

Модернизация должна решить вопросы систем управления, навигации и т.д. на современ-

ном уровне. Модернизации могут подвергаться системы приводов рабочего оборудования инженерной техники при сохранении структурных элементов машин [1], [2].

При формировании структур систем отбора мощности двигателя на привод рабочих органов инженерной техники предпочтение отдавалось использованию сложных механических систем при наличии относительно небольшой гаммы гидравлической аппаратуры. Насосные агрегаты, применяемые на данных изделиях, состоят из нескольких насосов, работающих параллельно, приводимых одновременно от раздаточной коробки, созданной специально для данного изделия. Система приводов насосов отличается высокими габаритами, что уменьшает полезное пространство машины. В случае поломки элементов такой раздаточной коробки ремонт ее существенно усложняется из-за малого числа изделий и отсутствия запасных частей. Кроме того, создание такой раздаточной коробки требует наличия специализированного механосборочного производства высокого технологического уровня.

На современном этапе при создании новых образцов инженерной техники рациональным является отказ от использования сложных элементов механических систем приводов и применение широкой гаммы универсальной гидравлической аппаратуры. Создание современной системы гидравлических приводов рабочего оборудования может развиваться в направлении формирования моноагрегатных насосных установок на современной элементной базе [3]. Рассмотрим возможности модернизации систем приводов рабочего оборудования инженерной техники на примере путепрокладчиков и котлованных машин.

На вооружении в частях инженерных войск используется путепрокладчики БАТ-М, БАТ-2 (рис. 1), ПКТ, ПКТ-2, предназначенные для перемещения грунта при устройстве проходов через овраги, рвы, траншеи; устройстве спусков к переправам, расчистке маршрутов колонного пути; отрывке котлованов при самоокапывании; устройстве проходов на местности, в завалах в лесу и населенных пунктах, также устройство проходов на местности, зараженной радиоактивными веществами; для укладки блоков дорожно-мостовых конструкций [4]. Путепрокладчики БАТ-М, ПКТ, ПКТ-2 морально устарели, а путепрокладчик БАТ-2 по своим тактико-техническим характеристикам соответствует современному уровню решения боевых задач. Путепрокладчики БАТ-М (рис. 1), БАТ-2 (рис. 2) производились на пред-

приятия Украины, их выпуск на предприятиях Российской Федерации не налажен. В рамках обновления парка инженерных машин данного назначения на предприятиях Российской Федерации проводятся работы по созданию инженерно-дорожной машины на тяжелом унифицированном гусеничном шасси. Рассмотрим некоторые направления модернизации путеукладчиков БАТ-М, БАТ-2, реализация которых возможна на специализированных предприятиях Беларуси.

Путеукладчик БАТ-М оснащен бульдозерным оборудованием и крановым оборудованием (рис. 3). В качестве базовой машины в нем использовано изделие 405-М, разработанное на базе тяжелого артиллерийского тягача АТ-Т. Универсальное бульдозерное оборудование в рабочем и полутранспортном положении размещается в передней части машины, крепится к ее бортам с помощью толкателей рамы, а в транспортном положении укладывается через кабину на платформу тягача. Все операции по укладке выполняются системой гидравлического управления с использованием лебедки тягача. Все операции по установке крыльев отвала в двухотвальное, бульдозерное и грейдерное положение осуществляются с использованием комплекта толкателей крыльев. Управление лыжей отвала – гидромеханическое.

Крановое оборудование установлено в кормовой части платформы и используется для укладки элементов мостовых переходов, щитов проезжей части, а также для монтажа и демонтажа универсального бульдозерного оборудования. Для управления крановым оборудованием имеется дистанционный пульт управления.

Путеукладчик БАТ-2 (рис. 4) оснащен универсальным бульдозерным, крановым и рыхлительным оборудованием. Его базовой машиной является изделие 454, разработанное на базе унифицированного шасси МТ-Т. Силовая установка, узлы трансмиссии и ведущие звездочки размещены в кормовой части машины, что позволяет установить бульдозерное оборудование в пе-

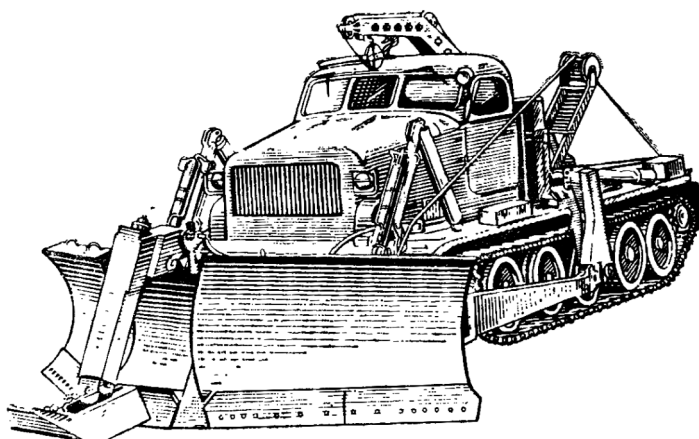


Рис. 1. Путеукладчик БАТ-М (общий вид)

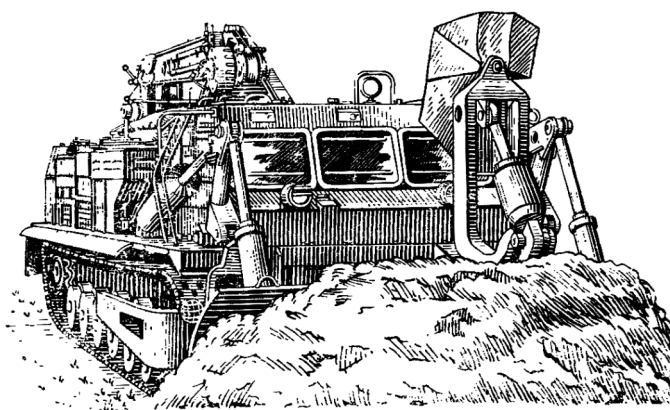


Рис. 2. Путеукладчик БАТ-2 (общий вид)

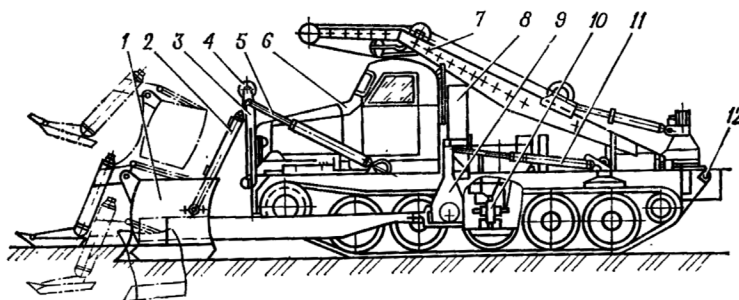


Рис. 3. Компонентная схема путеукладчика БАТ-М:
 1 – бульдозерное оборудование; 2 – вертикальный гидроцилиндр;
 3 – стойка; 4 – блок механизма опрокидывания;
 5 – горизонтальный гидроцилиндр; 6 – базовая машина;
 7 – крановое оборудование; 8 – гидробак; 9 – механизм перекоса;
 10 – механизм отбора мощности; 11 – гидроцилиндр перекоса;
 12 – блок механизма опрокидывания

редней части. Кабина путеукладчика выполнена двухсекционной. Первой секцией является отделение управления, второй – десантное отделение.

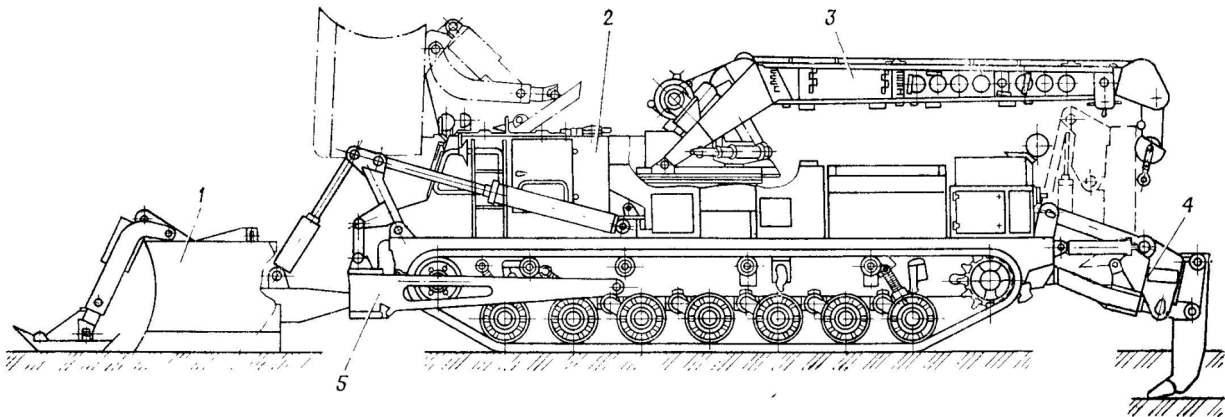


Рис. 4. Компонировочная схема путеукладчика БАТ-2:

1 – бульдозерное оборудование; 2 – базовая машина; 3 – крановое оборудование; 4 – рыхлительное оборудование; 5 – продольный брус охватывающей рамы

Рыхлительное оборудование, предназначенное для предварительного разрыхления прочных талых и мерзлых грунтов, размещено на кормовой части грузовой платформы и включает стойки со сменными наконечниками и механизм управления.

Одним из направлений модернизации путеукладчиков БАТ-М, БАТ-2 [1], [2] является перевод системы приводов рабочего оборудования на современную элементную базу. Гидросистема путеукладчика БАТ-М оснащена тремя насосами НШ-32 общим объемом 96 см³, гидросистема путеукладчика БАТ-2 – двумя парами насосов 210.25 и 210.16 общим рабочим объемом 82 см³. В рамках модернизации гидросистемы предлагается замена существующего насосного агрегата, состоящего из раздаточной коробки и трех, четырех насосов одним насосом переменной производительности, что позволит упростить систему приводов и систему управления, исключив раздаточную коробку привода насосов и ряд электромагнитных кранов, используемых для выключения насосов, не задействованных при работе данного рабочего органа путеукладчика.

Авторами разработаны гидросистемы привода рабочих органов путеукладчиков БАТ-М [5], БАТ-2 [6] на базе применения одного насоса переменной производительности. В гидросистеме путеукладчика БАТ-2 может быть рекомендована к применению насосная установка 12 (рис. 5) производства ОАО «Пневмостроймашина» РФ, состоящая из насоса 15 марки 313.3.80, номинальным рабочим объемом 80 см³ и минимальным (0–40) см³.

Гидросистема путеукладчика обеспечивает управление: бульдозерным оборудованием: поворот отвала бульдозера в рабочее (транспортное) положение гидроцилиндрами 26, 29, управляемыми гидрораспределителем 32; позиционирование отвала бульдозера гидроцилиндрами 21, 23, управляемыми гидрораспределителем 22 и перевод отвала в плавающее положение гидрораспределителем 19; позиционирование лыжи бульдозера гидроцилиндром 34, управляемым гидрораспределителем 33; фиксация механизма перевода крыльев отвала в бульдозерное, грейдерное положение гидроцилиндрами 24, 25, управляемыми гидрораспределителем 31; перекоп отвала бульдозера гидроцилиндрами 27, 28, управляемыми гидрораспределителем 30; оборудованием рыхлителя: позиционирование рыхлителя гидроцилиндрами 17, 18, управляемыми гидрораспределителем 20; оборудованием грузоподъемного крана: подъем (опускание) стрелы крана гидроцилиндром 1, управляемым гидрораспределителем 6; поворот крана гидромотором 8, управляемым гидрораспределителем 7, при одновременном растормаживании механизма поворота крана гидроцилиндром 10, управляемым электромагнитным краном 9; привод грузовой лебедки крана гидромотором 2, управляемым гидрораспределителем 5, при одновременном растормаживании механизма привода грузовой лебедки гидроцилиндрами 4, 3, управляемыми электромагнитным краном 11.

Предложенная модернизация гидросистем путеукладчиков БАТ-М, БАТ-2 позволит упростить систему приводов рабочего оборудования,

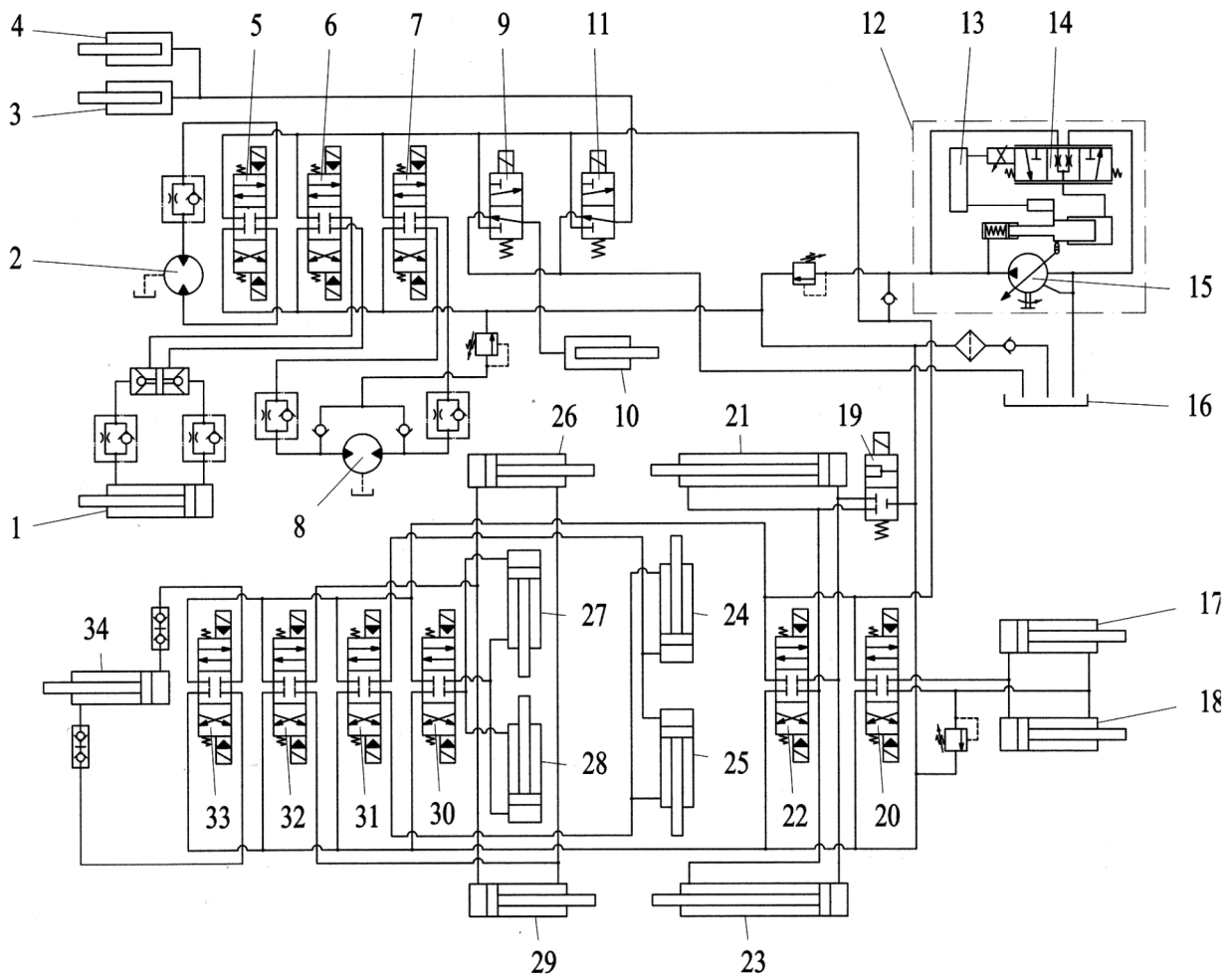


Рис. 5. Принципиальная схема гидропривода путепрокладчика:

1, 3, 4, 10, 17, 18, 21, 23 – 29, 34 – гидроцилиндр; 2, 8 – гидромотор;
5–7, 14, 19, 20, 30–33 – гидрораспределитель; 9, 11 – электромагнитный кран; 12 – насосная установка;
13 – блок управления; 15 – насос; 16 – бак

исключив раздаточные коробки и электромагнитные краны, используемые для выключения насосов, обеспечит улучшение ремонтпригодности путепрокладчиков и повышение надежности боевого применения.

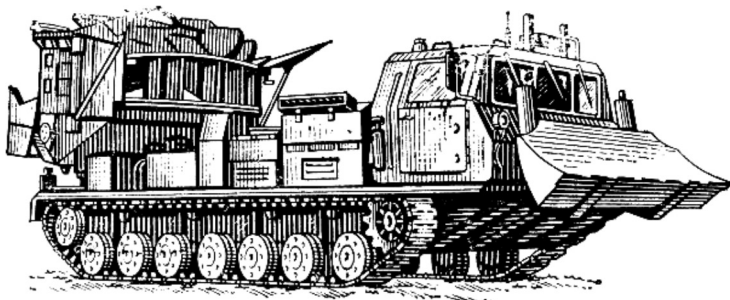


Рис. 6. Котлованная машина МДК-3 (общий вид)

На вооружении в частях инженерных войск используется котлованные машины МДК-3 (рис. 6), МДК-2М (рис. 7) [4], предназначенные для отрывки котлованов под фортификационные сооружения и укрытия для военной техники при инженерном оборудовании позиций войск. По своим тактико-техническим характеристикам МДК-2М устарела, а МДК-3 соответствует современному уровню решения боевых задач.

Котлованная машина МДК-3 (рис. 8) состоит из гусеничного транспортера – изделие 453, разработанное на базе унифицированного шасси МТ-Т, и рабочего оборудования, которое включает оборудование для отрывки котлованов, бульдозерное оборудование,

рыхлительное оборудование и гидропривод (система управления рабочим оборудованием).

Котлованная машина МДК-2М состоит из базовой машины – изделие 409-МУ, разработанное на базе тяжелого артиллерийского тягача АТ-Т, и рабочего оборудования. В состав рабочего оборудования входят: рабочий орган, трансмиссия рабочего органа, бульдозерное оборудование и гидропривод (система управления рабочим оборудованием).

Основные инженерные решения рабочего оборудования бульдозера, рыхлителя и фрезы с метателем котлованных машин МДК-3, МДК-2М традиционные, применяемые в настоящее время.

Бульдозерное оборудование предназначено для послойной разработки и перемещения грунта при планировке дна котлована, подготовке площадки перед началом рытья котлована. Кроме того, с помощью бульдозерного оборудования можно производить засыпку котлованов, траншей, рыхление мерзлого грунта. Рабочий орган предназначен для разработки грунта в процессе отрывки котлована и транспортирования его в отвал. Он установлен в кормовой части машины и крепится к ней шарнирно с возможностью перемещения в вертикальной плоскости.

Анализ систем приводов и управления рабочим оборудованием показывает сложность и материалоемкость трансмиссии рабочего органа, широкие возможности перевода системы управления рабочим оборудованием на современную элементную базу. При существенном удалении на машине механизмов отбора мощности двигателя на привод рабочего органа и самого рабочего органа от двигателя рациональным является использование гидравлического объемного привода рабочего органа, позволяющее снизить сложность и материалоемкость системы приводов рабочего оборудования. Кроме того, применение гидравлического привода рабочих органов позволит улучшить показатели надежности работы котлованной машины при перегрузке рабочего органа, возникающей при взаимодействии режущей кромки рабочего органа с пре-

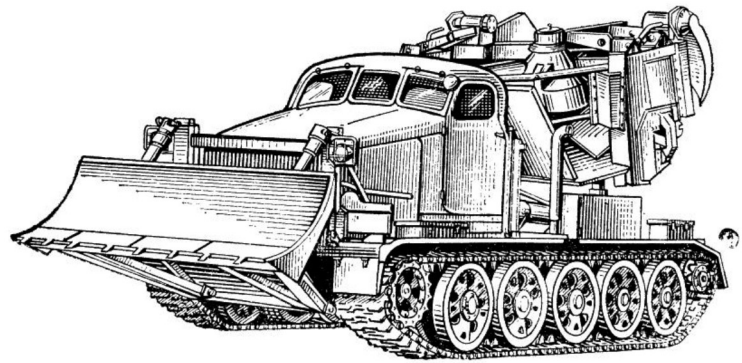


Рис. 7. Котлованная машина МДК-2М (общий вид)

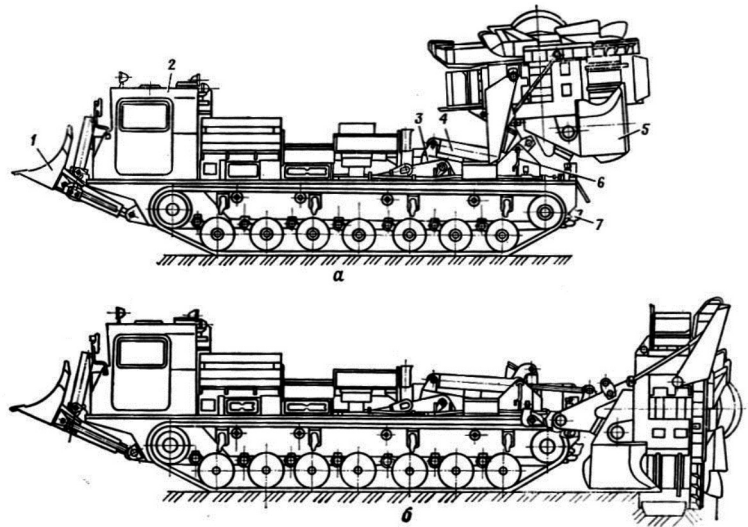


Рис. 8. Компоновочная схема котлованной машины МДК-3:
а – транспортное положение; б – рабочее положение:
1 – бульдозерное оборудование; 2 – базовая машина; 3 – рама;
4 – гидроцилиндр поворота; 5 – рабочий орган; 6 – фиксатор
рабочего органа; 7 – рыхлительное оборудование

пятствием. Применение гидравлического привода рабочих органов МДК-3 позволяет отказаться от двух карданных валов, коробки скоростей. Аналогично применение гидравлического привода рабочих органов МДК-2М позволяет отказаться от промежуточного вала, двух карданных валов, поворотного редуктора и предохранительной муфты. Гидравлический мотор привода фрезы и метателя устанавливается на редуктор рабочего органа.

В рамках модернизации систем приводов и управления рабочим оборудованием котлованных машин МДК-3, МДК-2М для привода фрезы и метателя может быть предложена насосная установка 1 (рис. 9), состоящая из регулируемого

насоса 2 с наклонным блоком цилиндров серии 313 (313.3.160), предназначенного для работы в открытом контуре и системы автоматического поддержания параметров работы насоса. Для позиционирования бульдозерного оборудования и рабочего органа котлованной машины может

быть применен один аксиально-поршневой насос 3 постоянной производительности серии 310 (310.3.56). Редуктор включения и привода насосов должен быть переработан для установки двух названных насосов. Производитель насосов ОАО «Пневмостроймашина» РФ.

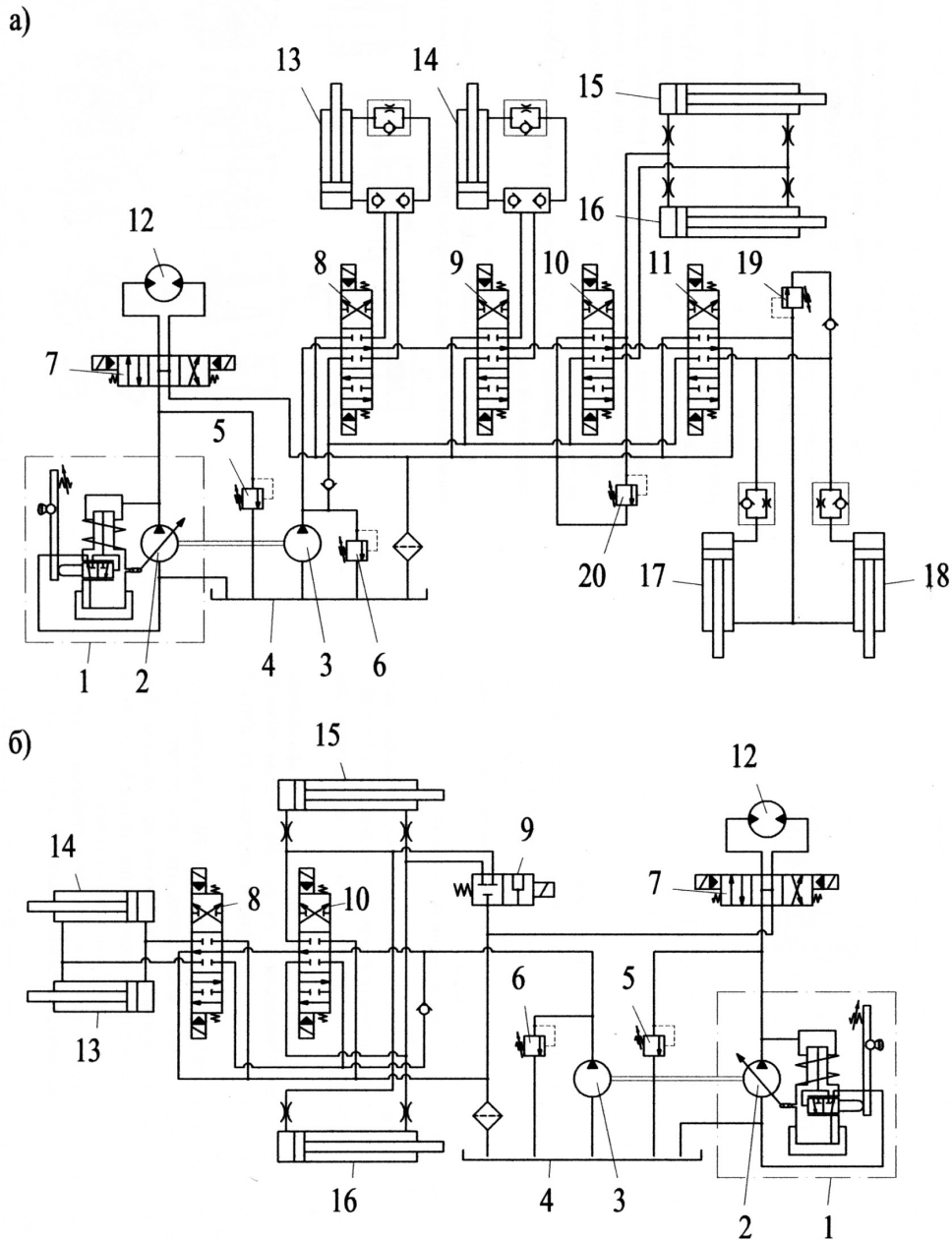


Рис. 9. Принципиальная схема модернизированного гидропривода рабочего оборудования котлованной машины:

а – МДК-3; б – МДК-2М:

1 – насосный агрегат; 2, 3 – насос; 4 – бак; 5, 6, 19, 20 – клапан; 7, 8, 9, 10, 11 – гидрораспределитель; 12 – гидромотор; 13, 14, 15, 16, 17, 18 – гидроцилиндр

Позиционирование отвала бульдозера осуществляется гидроцилиндрами 13, 14, управляемыми гидрораспределителями 8, 9. В котлованной машине МДК-3 (рис. 9, а) рабочие полости гидроцилиндров 13, 14 заперты гидрозамками. Управление гидроцилиндрами 13, 14 отдельным гидрораспределителем 8, 9 позволяет перекашивать отвал, изменяя положение одного гидроцилиндра при запортом втором.

Перевод рабочего органа котлованной машины из транспортного положения в рабочее обеспечивается гидроцилиндрами 15, 16, управляемыми гидрораспределителем 10. В котлованной машине МДК-3 (рис. 9, а) заглупление рабочего органа обеспечивается гидроцилиндрами 17, 18, управляемыми гидрораспределителем 11. В котлованной машине МДК-2М (рис. 9, б) заглупление рабочего органа гидроцилиндрами 15, 16, управляемыми гидрораспределителем 10.

Для отрывки котлована при второй позиции гидрораспределителя 7 напорная магистраль насоса 2 связана со сливом в бак 4. Давление в напорной магистрали насоса 2 равно давлению в сливной магистрали и насос автоматически пере-

водится в режим холостого хода, уменьшая угол наклона блока цилиндров. При переводе гидрораспределителя 7 в первую позицию (на чертеже левую) гидромотор 12 подключается к напорной магистрали насоса 2, вращая фрезу, и метатель. Давление в напорной магистрали увеличивается, и насос 2 переводится в заданный рабочий режим, обеспечивая необходимые параметры работы оборудования. При встрече рабочего органа с препятствием клапан 5 снижает динамическую нагрузку насоса 2. Реверсирование фрезы обеспечивается переводом гидрораспределителя 7 в третью позицию.

Предложенная модернизация систем приводов и управления рабочим оборудованием котлованных машин МДК-3, МДК-2М позволит снизить сложность и материалоемкость системы приводов рабочего оборудования. Кроме того, применение гидравлического привода рабочих органов позволит улучшить показатели надежности работы котлованной машины при перегрузке рабочего органа, возникающей при взаимодействии режущей кромки рабочего органа с препятствием.

Список использованных источников

1. Котлобай, А.Я. Формирование направлений модернизации землеройных машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. – 2013. – № 5. – С. 54–59.
2. Анализ направлений и возможностей модернизации инженерной техники Вооруженных Сил / А.Я. Котлобай [и др.] // Наука и военная безопасность. – 2014. – № 1. – С. 27–30.
3. Коробкин, В.А. О перспективных направлениях создания гидравлических агрегатов приводов строительных и дорожных машин / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. 2012. – № 6. – С. 71–76.
4. Машины инженерного вооружения. Часть I. Общая характеристика. Машины для преодоления разрушений и механизации земляных работ: учебник для курсантов военных училищ инженерных войск / А.В. Ольшанский [и др.]; под ред. А.В. Ольшанского. – М.: Военное издательство, 1986 – 422 с.
5. Гидравлическая система рабочего оборудования путеукладчика: пат. 9327 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/40 (2010.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело и др.; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20121183; заявл. 2012.12.28; опубл. 2013.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3.
6. Гидравлическая система рабочего оборудования путеукладчика: пат. 9925 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/40 (2010.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело и др.; заявитель Минский государственный высший авиационный колледж. – № u 20130637; заявл. 2013.07.31; опубл. 2014.02.28 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 1.

УДК 621.926

ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Л.А. Сиваченко, В.В. Кутузов, А.М. Ровский, И.А. Реутский
Белорусско-Российский университет, г. Могилев

В статье изложены проблемы комплексной переработки влажных материалов: мела, мергеля, глины, трепела и других. Показаны актуальность и необходимость создания высокоэффективного технологического оборудования. Предложена концепция адаптивных методов переработки сырья и описаны новые конструкции агрегатов для работы с влажными сырьевыми материалами и возможности использования в них энергии ветра.

Введение

Переработка материалов карьерной влажности до тонкодисперсного состояния или получения композиций с высокой однородностью распределения компонентов сопряжена со значительными трудностями, обусловленными главным образом адгезией влажных материалов к рабочим поверхностям технологических машин, а также их пористо-капиллярной структурой, существенно сдерживающей удаление влаги. Это требует проведения их механотермической обработки, т.е. измельчения с одновременной сушкой, что сопряжено с использованием сложного и энергоёмкого оборудования. [1, 2]

К числу таких материалов следует отнести сырьё для производства цемента и извести (мел, мергель), карьерную глину для керамических изделий, доломиты, трепел, торф, шлаки, уголь, пилматериалы, твердые бытовые отходы и ряд других. По нашей оценке в Беларуси общий объем переработки этих материалов составляет примерно 25–27 млн т в год. [3, 4] Основной их потребитель – промышленность строительных материалов.

Для каждого из перечисленных материалов существует критический диапазон влажности, ограничивающий эффективность их переработки. В составе рассматриваемой проблемы можно выделить ряд важных условий, без решения которых невозможно обеспечить прорыв в технологиях переработки влажных сырьевых материалов:

- переработка больших объемов материалов единичными агрегатами;
- наличие в составе сырьевой массы крупных включений размерами до 500 мм и более, в т. ч. прочных и недробимых;
- высокая налипающая способность материала на рабочие элементы технологического оборудования, а также слипаемость кусков между собой;
- необходимость обеспечения высокой степени измельчения с одновременной сушкой или, по крайней мере, удаления влаги с поверхностных слоев частиц;
- создание конструкции повышенной надежности и удобства в эксплуатации и ремонте;
- решение задач энергосбережения, технологической эффективности и функциональной универсальности.

Состояние вопроса в области переработки влажных сырьевых материалов

Технологическая переработка влажного сырья сопряжена с фундаментальными работами по следующим направлениям: измельчением дисперсной среды, сушкой, гомогенизацией, обогащением и рядом других, а также аппаратурным оформлением всех этих процессов, включая параметрический контроль и управление агрегатами. Актуальной задачей является проведение перечисленных процессов в одном агрегате и с минимальными издержками.

Практически для всех технологий базовой операцией является измельчение исходной сырьевой массы, что является определяющим условием проведения всех других процессов. Например, для эффективной сушки сырьё требуется как можно тонко измельчить и обеспечить его максимальный контакт по всей поверхности с тепловым агрегатом. Комплексная переработка влажных дисперсных продуктов характеризуется огромным многообразием используемых для этих целей технических средств и технологических приемов, но обязательным переделом является дезинтеграторная стадия подготовки сырья к его последующему использованию.

Значительные трудности в измельчении влажных материалов вызывают необходимость либо предварительной сушки, либо, наоборот, требуют повышения влажности для придания обрабатываемой массе подвижности или текучести. Такое положение особенно характерно для цементной и керамической промышленности. [5, 6].

Известно довольно много способов не машинного понижения влажности сырьевого материала, например, штабелирования в карьерах, фильтрации, естественной сушки и т.д., но в массовых и крупнотоннажных технологиях производственники вынуждены на влагу идти в «лоб», что крайне неэффективно и затратно.

В настоящее время для дезинтеграторной, т.е. связанной с измельчением, переработки влажных сред применяется большое количество различных по конструкции к принципу действия агрегатов. Это прежде всего глинорыхлители, дырчатые вальцы, бегуны, молотковые и роторные дробилки, глинорезки, стругачи, аэрофолы, шахтные мельницы, обширный класс, так называемых, среднеходных мельниц и многие другие измельчители. [7, 8].

С целью конкретизации рассматриваемой проблемы, которая во многом определяет функционирование ряда крупнейших предприятий республики, приведем несколько примеров использования технологических агрегатов для переработки влажных материала. Так, на ОАО «Белорусский цементный завод» (г. Костюковичи, Могилевская обл.) эксплуатируются два аэрофола, которые служат для измельчения и сушки меловой породы. Это вращающиеся барабаны с внутренним диаметром 9 м и массой 500 т с приводом мощностью 3200 кВт каждый. Они работают в тандеме с молотковыми дробилками, имеющими роторы диаметром 1750 и длиной 3000 мм и приводами мощностью по 800 кВт, причем сырьё одновре-

менно с измельчением сушится и классифицируется по крупности в циклонных аппаратах с вентиляторными установками мощностью по 1450 кВт. Подобные примеры можно продолжать многократно.

Здесь стоит задуматься над вопросом, а почему мы вынуждены делать такие огромные и, по сути, уникальные агрегаты, потребляющие огромное количество топлива и электроэнергии и требующие колоссальных эксплуатационных затрат? Решение этой проблемы сводится к целенаправленной упорядоченной подготовке исходных сырьевых материалов по следующим направлениям:

- созданию и установке в голове процесса простых, надежных и эффективных агрегатов, способных производить первичную обработку;
- придании исходному материалу нужных технологических характеристик, необходимых для оптимизации последующих переделов;
- предварительного обогащения и упорядочения структуры материала, в т. ч. за счёт удаления посторонних или недробимых включений;
- использования в качестве движущей силы процесса нетрадиционных источников, например, энергии ветра.

Концепция создания эффективных агрегатов для работы с влажными материалами

При работе с влажными налипающими материалами в первую очередь требуется устранить наложения и забивания рабочих органов исходной сырьевой массой. Это можно осуществить различными способами. По нашему мнению, одним из них является выполнение рабочей камеры и измельчающих органов совмещенными между собой, например, в виде подвижного цепного полотна с зубчатыми элементами.

Такое техническое решение исключает поломку рабочего оборудования и налипание материала на элементы конструкции, а также позволяет удалять из рабочей зоны крупные недробимые включения. Кроме того, рыхлительно-измельчительное устройство подобного типа хорошо вписывается в агрегат с одновременной продувкой потоком атмосферного воздуха, концентрируемым в рабочей зоне посредством конфузора.

Идеология выполняемой работы при этом сводится к получению однородного, по зерновому составу продукта с поверхностных слоёв которого удаляется основная часть несвязанной (свободной) воды, а материал приобретает сыпучесть и его легко перерабатывать известными способами.

Для тонкого измельчения и получения однородных композиций перспективным является использование молотковых измельчителей с наклонным корпусом, рабочее оборудование которых выполнено в виде секций с разделительными зонами и камерами для «успокоения» потоков материала, что обеспечивает такие условия разрушения материала, когда его частицы и ударные элементы соударяются между собой с максимальными скоростями. Дополнительно такие агрегаты позволяют совместно проводить процессы измельчения, сушки, смешивания, механоактивации и классификации.

В основу разрабатываемых конструкций положен принцип совмещения в одном агрегате нескольких технологических операций, реализации адаптивных методов воздействия на обрабатываемые материалы и максимальной унификации узлов и деталей нового оборудования.

Новое оборудования для переработки влажных сырьевых материалов

Основываясь на фундаментальных закономерностях проведения технологических процессов ряда стадий переработки влажных сырьевых материалов [1, 5, 7], промышленной эксплуатации существующего оборудования и разработанной концепции нами предлагаются новые технические решения агрегатов для работы с влажными дисперсными продуктами.

Рыхлитель цепной. Общий вид цепного рыхлителя приведен на рис. 1. Рыхлитель состоит из приемного бункера 1, цепного полотна 2, собранного из отрезков цепей, соединённых между собой стяжками и оснащенных зубьями. Цепное полотно изогнуто по дуге, одним концом связано с приводом перемещения 3, а другим неподвижно закреплено на раме 4.

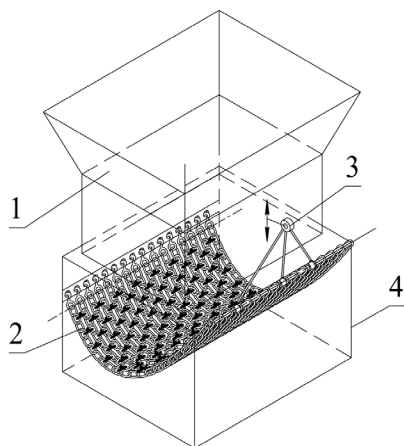


Рис. 1. Общий вид цепного рыхлителя

Принцип работы цепного рыхлителя заключается в том, что цепное полотно 2 приводится в колебательное движение приводом 3, а загруженный на него крупнокусковый материал интенсивно разрушается зубьями и звеньями цепей и просыпается в виде фракции определённого размера, готовой для последующего применения. Недробимые включения остаются на цепном полотне с которого удаляются, например, за счёт его продольного уклона (на рис. 1 не показано).

Варианты выполнения элементов цепного полотна приведены на рис. 2.

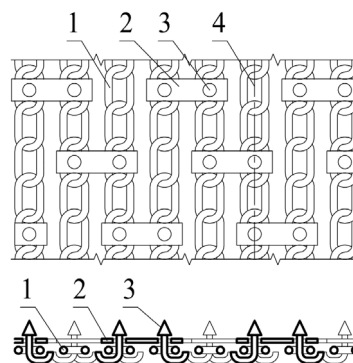


Рис. 2. Фрагменты выполнения рабочих элементов цепного полотна:

1 – звено цепи, 2 – соединительная планка, 3 – зуб, 4 – отрезок цепи

Характер осуществления процесса рыхления иллюстрируется рис. 3, на котором показаны циклы рыхления, определяемые положением цепного полотна, которое задаётся приводным механизмом. Кроме эксцентрикового привода могут быть и любые другие – например на основе вибрационных механизмов.

Комплекс для измельчения и холодной сушки влажных материалов. Общий вид комплекса представлен на рис. 4. Конструкция включает в себя конфузор 1, приемный бункер 2, днище которого выполнено в виде цепного полотна 3, один из бортов которого связан с приводом 4. Под бункером установлены роторы 5, 6 с ударными элементами, которые вращаются навстречу потоку воздуха. Для сбора измельченного и подсушенного продукта служит осадительная камера 7. Сушка, точнее, срыв капелек влаги потоком воздуха, производится на всем пути движения материалов в рабочих зонах.

В соответствии с приведенной схемой предлагаемый способ сушки осуществляется следующим образом. Цепное полотно 3 приводится в движение от индивидуального привода 4, в

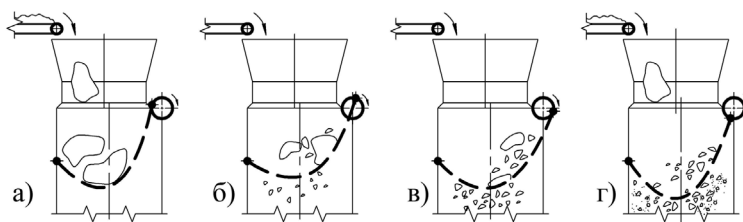


Рис. 3. Цикл процесса рыхления:

а – исходное положение цепного полотна; б – верхнее положение; в – промежуточное положение; г – нижнее положение

приемный бункер 2 загружается, например, с помощью автосамосвалов или ленты конвейера, крупнокусковой сырьевой влажный материал 1 и попадая на цепное полотно 3, интенсивно умельчается. Материал просыпается между звеньями цепного полотна 3 и равномерно распределяется по объему рабочей камеры 4, продуваясь высокоскоростным воздушным потоком, создаваемый конфузуром 8 в зоны ударного измельчения молотками роторов 5. Далее поток воздуха выбрасывает измельченный и подсушенный продукт 6 в осадительную камеру 7, где его частицы под действием силы тяжести ссыпаются на основание, с которого они периодически отбираются погрузчиками или другими транспортными средствами, а отработанный воздух отводится в атмосферу.

В качестве подтверждения реальности сушки влажных сырьевых смесей можно привести известный эффект срыва влаги с угольных частиц газовым потоком [10]. Суть его сводится к тому, что потоком газа механически происходит срыв влаги с поверхности угольных частиц с интенсивной диспергацией «сорванной» влаги и с частичным удалением ее из сушильного аппарата в виде жидкой фазы (тумана), т.е. без перевода ее из жидкой фазы в парообразную.

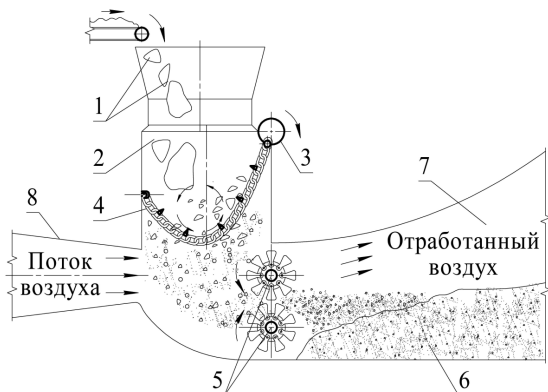


Рис. 4. Технологический комплекс для рыхления и холодной сушки влажного сырья

При этом эффекте в несколько раз увеличивается поверхность раздела фаз и тем самым резко интенсифицируется сушка. Удаление значительной части свободной влаги, содержащейся в материале, без затрат энергии на ее фазовое превращение дает значительную экономию тепловой энергии. Технически это обеспечивается продувкой слоя частиц холодным воздухом со скоростью 30–160 м/с и позволяет снижать влажность по абсолютному показателю на 5–25 %. Расход воздуха при этом составляет порядка 10 м³/ч на 1 кг.

Очень важно иметь в виду то [10], что при малой скорости потока воздуха продолжительность срыва влаги не превышает 0,1 с, а при скорости 160 м/с это происходит за тысячные доли секунды. Вне всяких сомнений, эти данные могут быть использованы для обоснования методов исследования сушки влажного сырья воздушным потоком с одновременным измельчением.

Учитывая свойства капиллярно-пористых структур, к которым относятся мел, мергель, глина, трепел и другие, характеризующиеся тем, что движение жидкости в капиллярах зависит от их диаметра, и сила сопротивления этому движению тем больше, чем меньше диаметр капилляров [4], выскажем предположение, что активизировать процесс движения такой жидкости к поверхности твердых частиц можно путем интенсивных механических воздействий, приводящих к их разрушению и образованию новой поверхности. Этот механизм движения жидкости в капиллярах можно назвать эффектом ударного вывода жидкости из капилляров и удаления воздушным потоком.

Молотковый измельчитель с наклонным корпусом. Конструкция однороторного молоткового измельчителя представлена на рис. 5. Измельчитель включает в себя цилиндрическую рабочую камеру 1, установленную на раме 2, внутри которой установлен ротор 3. Для загрузки и выгрузки материала камера снабжена загрузочным люком 4 и выгрузочным люком 5. Ротор 3 состоит из секций 7 с разделительными зонами и камерами для «успокоения» потоков материала.

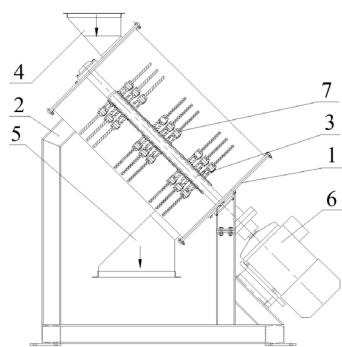


Рис. 5. Молотковый измельчитель с наклонным корпусом

Измельчение материала производится высокоскоростными ударами бил рабочих секций 7. Исходный материал загружается через люк 4 и, проходя под действием сил гравитации через рабочие зоны секций, интенсивно измельчается. Успокоительные зоны служат для придания частицам материала нужного характера движения и улучшают процесс измельчения. Выгрузка измельченного продукта производится через люк 5.

Такие агрегаты могут иметь различные конструктивные исполнения, но главным в них является создание управляемого движения измельчаемого материала, что обеспечивается расширительными зонами и позволяет повысить интенсивность обработки, снизить энергозатраты и износ рабочих элементов. Эти агрегаты опробованы в промышленных условиях, и достаточно широко применяются в крупнотоннажных производствах для переработки сырья материалов повышенной влажности: торфа, известняка, трепела, меловых пород, угля, глины, горнорудного сырья и других.

Список использованных источников

1. Процессы в производстве строительных материалов и изделий / В.С. Богданов [и др.]. – Белгород: Везелица, 2007. – 512 с.
2. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.] – Минск: Изд. Центр БГУ, 2008. – 375 с.
3. Энерготехнологические проблемы дезинтегративных технологий в промышленности строительных материалов и пути их решения. / Л.А. Сиваченко [и др.] // Энергоэффективность. – №14, №12. – С. 24–27.
4. Сиваченко, Л.А. Современное технологическое машиностроение: Резервы развития / Л.А. Сиваченко // Инженер-механик. – 2011. – № 1. – С. 11–21.
5. Нохратян, К.А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики / К.А. Нохратян. – М.: Госстройиздат, 1962. – 603 с.
6. Новое технологическое оборудование для переработки дисперсных сред – основы модернизации базовых отраслей промышленности / Л.А. Сиваченко [и др.] // Труды междунар. форума. Инженерное образование и наука в XXI веке. Проблемы и перспективы. Том II. Алматы, КазНТУ, 2014. – С. 604–613.
7. Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение. 1981 – 324 с.
8. Дуда, В. Цемент / В. Дуда. Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1981 – 464 с.
9. Сиваченко, Л.А. Использование энергии ветра в технологиях производства строительных материалов / Л.А. Сиваченко, Ю.К. Добровольский // Энергоэффективность, Минск. – 2014. – № 8. – С. 29–31.
10. Филиппов, В.А. Технология сушки и термоаэроклассификации углей / В.А. Филиппов. – М.: Недра, 1987 – 287 с.
11. Сиваченко, Л.А. Агрегат для измельчения и сушки / Л.А. Сиваченко, Н.В. Курочкин, А.Н. Хустенко: Меж. вуз. сб. статей // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов, Белгород. БГТУ. – 2014. – С. 279–282.

Заключение

Проблемы переработки влажных сырьевых материалов имеют важное народно-хозяйственное значение, что обусловлено их огромными объемами, высокой стоимостью и сложностью применяемого оборудования, большими эксплуатационными издержками.

Применяемое оборудование в должной степени эти проблемы не решает, что в первую очередь связано с отсутствием научно аргументированных разработок в области проектирования технологических агрегатов для этих целей.

Предложена новая концепция повышения эффективности переработки ряда важных сырьевых материалов на основе использования адаптивных методов воздействия на обрабатываемую среду, создания оборудования с дополнительными функциональными возможностями, а также использования энергии ветра для предварительной сушки и энергосбережения.

Описаны новые конструкции оборудования: рыхлитель цепной для первичной обработки сырьевых материалов, комплекс для измельчения и холодной сушки и молотковый измельчитель с наклонным корпусом многоцелевого назначения, который способен осуществлять финишные стадии подготовки сырьевых материалов для последующего получения из них товарной продукции. Показано, что разработанное оборудование может найти широкое практическое применение на предприятиях на производстве таких строительных материалов, как цемент, известь и изделия строительной керамики.

УДК 681.93

ИННОВАЦИОННАЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЯ

к.т.н., Заико А.Ф.; Книга В.В.; Крещанович Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Статья посвящена организации и развитию аддитивных технологий в республике.

Предлагается концепция создания и развития производства простых и дешёвых 3D принтеров для обучения и использования в конструкторской и производственной практике, а также в быту.

Из всех, известных на сегодняшний день технологий 3D печати, наибольшее распространение получила FDM-технология, благодаря своей простоте, доступности и дешевизне используемого для печати материала. **Моделирование методом послойного наплавления** (англ. *Fused deposition modeling (FDM)*) — технология аддитивного производства, широко используемая при создании трехмерных моделей, при прототипировании и в промышленном производстве.

Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики, поставляемые в виде катушек нитей.

Идея послойной заливки экструдированным расплавом принадлежит Скотту Крампу, который запатентовал своё изобретение в 1988 году. После получения патента на изобретение, Скотт Крамп основал компанию Stratasys по производству 3D печатающих устройств. Первый принтер 3D Dimension с экструдированной печатающей головкой появился в 1991 году, его ориентировочная стоимость составляла от 50 до 220 тыс. долларов США.

Производственный цикл начинается с обработки трехмерной цифровой модели. Модель в формате STL делится на слои и ориентируется наиболее подходящим образом для печати. При необходимости генерируются поддерживающие структуры, необходимые для печати нависающих элементов. Некоторые устройства позволяют использовать разные материалы во время одного производственного цикла. Например, возможна печать модели из одного материала с печатью опор из другого, легкорастворимого материала,

что позволяет с легкостью удалять поддерживающие структуры после завершения процесса печати. Альтернативно, возможна печать разными цветами одного и того же вида пластика при создании единой модели.

Изделие, или «модель», производится выдавливанием («экструзией») и нанесением микрокапель расплавленного термопластика с формированием последовательных слоев, застывающих сразу после экструдирования.

Процесс печати FDM-принтера

Экструдер перемещается в горизонтальной и вертикальной плоскостях под контролем алгоритмов, аналогичных используемым в станках с числовым программным управлением. Сопло перемещается по траектории, заданной системой автоматизированного проектирования («САПР» или «CAD» по англоязычной терминологии). Модель строится слой за слоем, снизу вверх. Как правило, экструдер (также называемый «печатной головкой») приводится в движение пошаговыми моторами или сервоприводами. Наиболее популярной системой координат, применяемой в FDM, является Декартова система, построенная на прямоугольном трехмерном пространстве с осями X, Y и Z. Альтернативой является цилиндрическая система координат, используемая так называемыми «дельта-роботами».

Технология FDM отличается высокой гибкостью, но имеет определенные ограничения. Хотя создание нависающих структур возможно при небольших углах наклона, в случае с большими углами необходимо использование искусственных опор, как правило, создающихся в процессе печати и отделяемых от модели по завершении процесса.

В качестве расходных материалов доступны всевозможные термопластики и композиты, включая ABS, PLA, поликарбонаты, полиамиды, полистирол, лигнин и многие другие. Как правило, различные материалы предоставляют выбор баланса между определенными прочностными и температурными характеристиками

Моделирование методом послойного наплавления (FDM) применяется для быстрого прототипирования и быстрого производства. Быстрое прототипирование облегчает повторное тестирование с последовательной, пошаговой модернизацией объекта. Быстрое производство служит в качестве недорогой альтернативы стандартным методам при создании мелкосерийных партий.

FDM является одним из наименее дорогих методов печати, что обеспечивает растущую популярность бытовых принтеров, основанных на этой технологии. В быту 3D-принтеры, работающие по технологии FDM, могут применяться для создания самых разных объектов целевого назначения, игрушек, украшений и сувениров.

Расходные материалы

FDM-принтеры предназначены для печати термопластиками, которые обычно поставляются в виде тонких нитей, намотанных на катушки. Ассортимент «чистых» пластиков весьма широк. Одним из наиболее популярных материалов является полилактид или «PLA-пластик». Этот материал изготавливается из кукурузы или сахарного тростника, что обуславливает его нетоксичность и экологичность, но делает его относительно недолговечным. ABS-пластик, наоборот, очень долговечен и износостойчив, хотя и восприимчив к прямому солнечному свету и может выделять небольшие объемы вредных испарений при нагревании. Из этого материала производятся многие пластиковые предметы, которыми мы пользуемся на повседневной основе: корпуса бытовых устройств, сантехника, пластиковые карты, игрушки и т.д.

Кроме PLA и ABS возможна печать нейлоном, поликарбонатом, полиэтиленом и многими другими термопластиками, широко распространенными в современной промышленности. Возможно и применение более экзотичных материалов – таких, как поливиниловый спирт, известный как «PVA-пластик». Этот материал растворяется в воде, что делает его весьма полезным при печати моделей сложной геометрической формы.

Вовсе необязательно печатать однородными пластиками. Возможно и применение композитных материалов, имитирующих древесину, металлы, камень. Такие материалы используют все те же термопластики, но с примесями непластичных материалов. Так, Laywoo-D3 состоит отчасти из натуральной древесной пыли, что позволяет печатать «деревянные» изделия, включая мебель.

Материал под названием BronzeFill имеет наполнитель из настоящей бронзы, а изготовленные из него модели поддаются шлифовке и полировке, достигая высокой схожести с изделиями из чистой бронзы.

Стоит лишь помнить, что связующим элементом в композитных материалах служат термопластики – именно они и определяют пороги прочности, термоустойчивости и другие физические и химические свойства готовых моделей.

Реплицирующиеся 3D устройства

В 2006 году был запущен проект «RepRap», нацеленный на производство принтеров, которые способны реплицировать себя, то есть воспроизводить детали собственной конструкции. Тестовый экземпляр такого устройства был изготовлен в 2008 году английскими конструкторами университета Бата. Он в состоянии «распечатать» около 50 % своих собственных конструктивных частей и деталей.

Конструкция такого устройства была положена в основу принтера, изготовленного на кафедре «Торговое и рекламное оборудование» факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства БНТУ. Конструкция, широко растиражированная во всем мире, позволяет обучать студентов азам печати 3-х мерных объектов. Однако, учитывая негативное влияние плавящегося ABS-пластика, выделяющего некоторое количество стирола, было решено поместить конструкцию в герметичный корпус с системой фильтрации воздуха. В этом случае принтер безбоязненно можно использовать в вузах и школах, а также на рабочих местах в конструкторских и архитектурных бюро, дизайнерских студиях. Мировой опыт использования 3D принтеров показывает высокую эффективность этой технологии в самых различных областях. Появление рынка отечественных принтеров позволит сделать экономически выгодным производство в республике материалов для 3D печати, которое в настоящее время сдерживается отсутствием достаточного количества заказов.

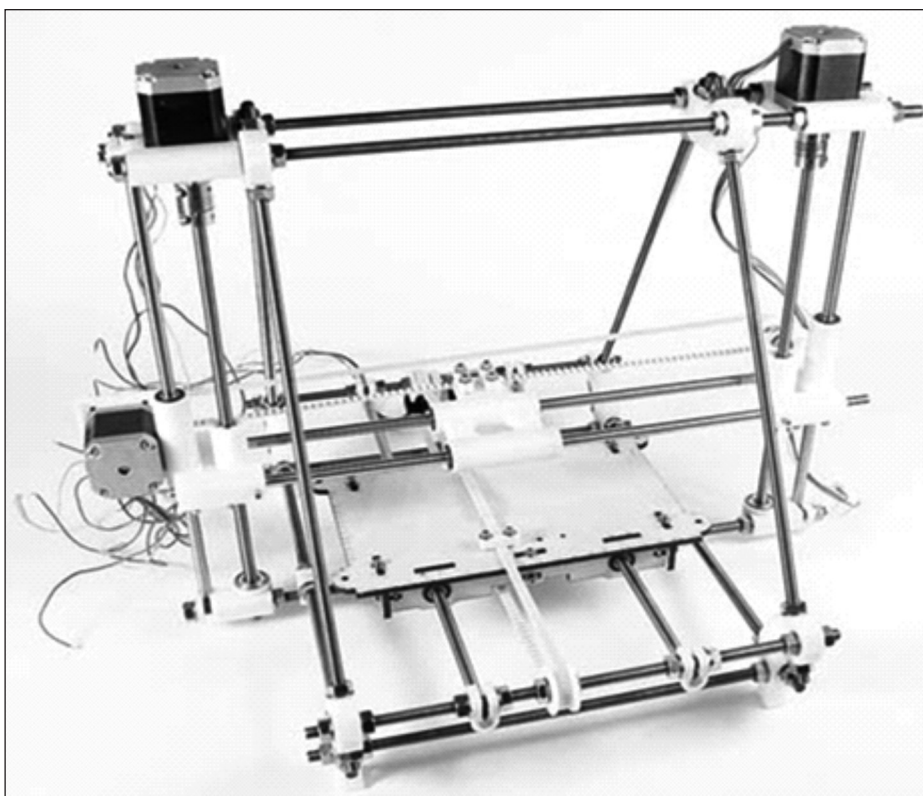


Рис.1. Реплицирующийся 3D принтер RepRap

Таким образом, организовав производство дешёвых отечественных принтеров можно решить несколько задач:

- подготовка кадров для работы с инновационной технологией, за которой большое будущее;
- создание новых рабочих мест по производ-

ству, ремонту и обслуживанию принтеров;

- производству материалов для 3D печати, стоимость которых будет ниже мировых цен.

- использование современной технологии с конструкторской, дизайнерской и производственной практике.

БЕЛОРУССКИЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ

Максим ГУЛЯКЕВИЧ

газета «Веды»

3D-принтеры давно перестали быть фантастикой. Сегодня их с большим успехом применяют в различных областях – от промышленности до медицины. С каждым днем появляются все более совершенные модели 3D-принтеров, сами технологии становятся более доступными массовой аудитории. Тем временем ученые работают над расширением возможностей 3D-печати, многое пока еще находится в процессе лабораторных испытаний.

3D-печать – разговорное название аддитивных технологий. Чем же они так привлекательны? Во-первых, значительно экономятся средства при запуске производства. Во-вторых, есть возможность внести поправки на любом этапе производства. В-третьих, это еще и быстрая адаптация к постоянно меняющимся условиям на рынке. То есть размер партии можно легко поменять в любую минуту в зависимости от повышения или снижения спроса. Кроме того, аддитивные технологии позволяют печатать партии, в которых каждый предмет немного отличается от предыдущего, что позволяет создавать производственные линии персонализированных товаров. Кроме того, 3D-принтеры не требуют массового производства продукта.

Ключевыми проблемами при внедрении аддитивных технологий в нашей стране в первую очередь являются кадры. Хотя эта проблема актуальна сегодня для науки в целом. Кроме того, без целевой поддержки со стороны государства невозможно приобрести и создать 3D-оборудование, которое нужно для работы. Отдельная и сложная проблема междисциплинарного характера – это материалы.

В этом направлении серьезного успеха достиг заведующий лабораторией материалов и технологий ЖК устройств Института химии новых материалов НАН Беларуси. НАН Беларуси Александр Муравский. В рамках пятого Республиканского конкурса инновационных проектов его работа «Разработка композиционных материалов на базе термопластов отечественного производства для

экструзионной 3D-печати» заняла третье место в номинации «Лучший инновационный проект».

– Работая над 3D-очками, мы рассматривали различные варианты изготовления опытного образца специальной оправы для них, – рассказывает А.Муравский. – Так как это штучный продукт, изготовить ее проще всего на трехмерном принтере. Поэтому мы приобрели стандартный 3D-принтер и начали разбираться, как и с чем он работает. Изучив состав «расходников» выяснилось, что мы вполне можем производить подобные материалы сами. Более того, оказалось, что сегодня здесь есть большое поле для исследований и разработок.

Были произведены соответствующие расчеты. Сегодня для дальнейшей работы этого проекта нужно продавать не менее 100 кг материала в месяц, в идеале же – около 500. Вроде бы это не так много, но с другой стороны наш рынок не такой емкий, да и сами технологии пока еще в диковинку для многих, и в лучшем случае в Беларуси сегодня ежемесячно продается в лучшем случае около 100 кг. Как вариант – экспортная составляющая, но в России сегодня высокая конкуренция. К тому же нужно еще пока поработать над качественными характеристиками получаемой нити. Ведь потенциальным клиентам нужно предоставить такой продукт, который с одной стороны по качеству не будет уступать имеющимся сегодня китайским и российским аналогам, а с другой – будет в более выгодном положении благодаря своей относительно низкой цене.

– Конечно, мы не первопроходцы. В Беларуси уже предпринимались попытки производства нити для 3D-принтеров. Однако никто не добился нужного качества, ведь здесь нужно выдерживать многие параметры и характеристики. Наше преимущество в том, что мы можем их контролировать, – поясняет А. Муравский. – Имеющаяся на базе Института исследовательская лабораторная база, оборудование и опыт сотрудников позволяет это сделать с минимальными затратами и с максимальным качеством. Имеющийся экструдер мы немного переработали, и теперь он позволяет выпускать нить с заданными параметрами. Сложность в том, что для изготовления нити необходимо выдерживать калиброванный диаметр и различные свойства нити. Кроме цвета нужно соблюдать температуру плавления, вязкость, а также «окно» температур, при котором материал пластичный, и когда он становится твердым.

Нить делается из различных термопластов, поступающих в качестве сырья в виде крошки. Эта крошка производится, в том числе и в нашей стране. Часть компонентов, выпускаемых в Беларуси, вполне подходит для производства нити. «Наше преимущество даже не в том, что мы можем делать такой же продукт, который уже имеется на рынке и на основе отечественных материалов, – подчеркивает А. Муравский. – Мы можем производить такой же продукт, который используется на принтерах в стандартных режимах ABS и PLA. И главное – производить материалы с заданным диапазоном температур работы на основе композитов из отечественных термопластов. Конкуренция здесь небольшая и у нас есть преимущества».

На базе лабораторий ИХНМ НАН Беларуси можно исследовать новые материалы, и производить те, которых нет на рынке или которых крайне мало, например, водорастворимые. Кроме того, можно перерабатывать отходы композитов, что позволит еще больше сбросить цену конечного продукта. Но для этого нужно продолжать проводить исследования, а на первых порах все-таки стоит задача нарастить объемы и добиться экспорта продукции.

Для того чтобы развивать это направление, нужно четко работающее производство, которое позволит получать стабильный внебюджетный источник дохода для финансирования дальнейших работ. Новые материалы можно было бы разрабатывать уже в рамках госпрограмм. У инициаторов проекта есть даже четко сформированный бизнес-план: произвести по 50 кг черной, белой

и бесцветной нити ABS, имеются потенциальные заказчики.

– Мы смогли на нашем оборудовании смоделировать ситуацию, исследовать и определить материалы, которые помогут получить приемлемый для печати «расходник», изготовили опытный материал и попробовали с помощью него напечатать объект на имеющемся 3D-принтере. Полученный образец по качеству не уступал тому, что был напечатан из закупаемой нити, – отмечает А. Муравский.

Для того чтобы двигаться дальше, нужно продолжать вкладывать деньги, которые уже не под силу одной или двум лабораториям. Здесь должна прийти на помощь госпрограмма или же госзаказ. Примечательно, что уже полученные в рамках V Республиканского конкурса инновационных проектов деньги были потрачены на закупку сырья для отладки технологии и производства первой опытной партии нити.

Начать внедрение 3D-устройств благодаря доступности цены и простоты использования можно поставками в вузы, а далее – прямая дорога к созданию доступных домашних образцов. Как только количество таких устройств на рынке увеличится, резко вырастет и потребность в расходном материале.

В лаборатории синтеза и анализа микро- и наноразмерных материалов Института тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси под руководством Сергея Филатова изучается новый принцип аддитивных технологий. Разработчики пока не раскрывают принцип его действия, но уверяют, что это будет новый виток развития 3D-печати. Экспериментальный опытный образец запечатлен на фото.

Как отметил заместитель академика-секретаря Отделения физико-технических наук Михаил Хейфец, сейчас идет формирование государственных программ на ближайшие 5 лет. Аддитивные технологии – это достаточно динамически развивающаяся отрасль, поэтому важно не упустить возможность развивать это направление. По словам Михаила Львовича, сегодня специалисты БНТУ продолжают создание отечественного 3D-принтера. На опытной партии планируется изучить различные способы печати с использованием как закупаемых расходных материалов, так и тех, которые будут производиться усилиями белорусских специалистов. В этом же направлении будет работать и группа под руководством Сергея Филатова. Разную гамму оборудования можно будет создавать на базе ГНПО

Центр. Для этого необходимо лишь адаптировать имеющееся на базе академического предприятия оборудование.

Следующее перспективное направление, которое планируется развивать в нашей стране – лазерная стереолитография (SLA) и селективное лазерное спекание (SLS). Технология использует в качестве модельного материала специальный фотополимер – светочувствительную смолу. Основой в данном процессе является ультрафиолетовый лазер, который последовательно переводит поперечные сечения модели на поверхность емкости со светочувствительной смолой.

Во второй половине 2014 года на базе НАН Беларуси состоялось несколько научно-производственных семинаров, посвященных развитию 3D-технологий в Беларуси и мире. В рамках семинаров, в том числе, обсуждался вопрос создания научно-технологического кластера по производству 3D-принтеров. Подобный проект должен быть реализован в ближайшие годы. Планируется, что в кластер войдут такие предприятия, как ОАО «Планар», Институт механики металлополимерных систем, Институт порошковой металлургии, Объединенный институт проблем информатики. Сегодня в Беларуси с 3D-печатью активно работают такие производства, как Пеленг, Атлант, МТЗ. Закупили установки ГНПО порошковой металлургии, Минский городской технопарк, «Белтекс Оптик», «Аэромаш», ВЗЭП и многие другие – в стране функционирует более 30 профессиональных устройств. За последнее время

стала активной и сфера обучения. Установки есть в БГУ, БНТУ, ВГТУ и Гомельском техническом университете.

Белорусские ученые прогнозируют, что в скором времени индивидуальное изготовление товаров начнет превалировать над массовым производством. Станут возникать компании, которые будут производить под заказ только в необходимом людям объеме те или иные товары. Успех таких компаний может быть достигнут благодаря использованию на производстве 3D-принтеров, которые не являются дорогостоящими в подготовке производства, универсальны, быстро переоборудуются и работают с широким диапазоном материалов.

Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси Сергей Чижик заявил, что активная работа в области 3D-технологий в Беларуси начнется в 2016 году. По его словам «мы должны готовиться к формированию программы, ассоциации или кластера людей, которые хотят и могут этим заниматься. Наша страна в этой сфере может привнести очень многое и вовремя запатентовать. В стране есть соответствующие наработки».

Говоря об области применения 3D-принтеров, С.Чижик отметил, что их можно будут использовать, например, в прототипировании изделий, микросенсорике, строительстве, и даже для создания индивидуальной обуви. Массовый продукт, произведенный на 3D-принтере, появится через лет 5, а через 10 – станет привычным делом.

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

Леонардо да Винчи был одним из величайших гениев человечества. Большинство людей придерживаются мнения, и я в том числе, что личность да Винчи была вне всякой конкуренции. Он был не только выдающимся художником эпохи Возрождения, не имеющим себе равных среди современников, но и одним из крупнейших учёных, изобретателей, скульпторов, музыкантов, математиков, инженеров и архитекторов.

Изыскания да Винчи в области полёта человека при помощи прототипов современных дельтаплана, парашюта и вертолётa являются наглядными примерами того, что мысль да Винчи опережала время более чем на 400 лет.

Впервые в Беларуси проходит самая обширная международная выставка, посвященная творчеству великого Леонардо да Винчи. Экспозиция «Изобретения да Винчи» будет открыта в Национальном художественном музее Республики Беларусь с 1 марта по 31 мая.

Только представьте на минуту масштаб дарования личности, создавшей известнейшее в мире произведение искусства — картину «Мона Лиза», восторгаться и любоваться которой приезжает бесчисленное количество людей со всего света, и открывшей миру прототипы современного танка, камеры, автомобиля, подводной лодки, акваланга и простую, но такую нужную шарикоподшипниковую систему и привод, которые широко используются и по сей день. Он первым начал заниматься анатомированием трупов и создавать детальные наброски скелета, с тем, чтобы лучше изображать человеческое тело. Он изготавливал музыкальные инструменты, создавал костюмы и организовывал экстравагантные зрелища для правящих семей, проектировал новые мосты, подъёмные краны и изобретал концепции для строительства новых городов, помимо этого он также был

философом и скульптором. И это ещё не всё. Сложно представить, что все вышеперечисленные проекты были разработаны им в конце XV – начале XVI века. Подобная универсальность ставит да Винчи особняком среди других гениев эпохи.

Понадобилось 10 лет для создания выставки «Гений да Винчи», посвященной Леонардо, реализовавшему себя во многих сферах науки и знания. Выставка была разработана компанией «Grande Exhibitions» совместно с итальянским фондом «Anthropos Association». Модесто Веччия, специалист по творчеству да Винчи, президент фонда «Anthropos Association», а также куратор и основатель экспозиции «Универсальный гений да Винчи» в Риме, собрал итальянских плотников, чтобы вместе с ними воссоздать изобретения да Винчи по рисункам и чертежам из его записных книжек (кодексов). Последние 10 лет своей жизни Модесто посвятил созданию этих удивительных аппаратов, используя, насколько это было возможно, исторически достоверную технику и материалы. Компания «Grande Exhibitions» является эксклюзивным партнёром фонда «Anthropos Association», представляющим экспозицию на международной арене. Компания разрабатывает дизайн выставки, а также отвечает за проведение рекламной кампании и составление графика проведения выставки в различных городах мира. Совместно мы создали самую современную передвижную выставку, посвящённую гению Леонардо да Винчи.

Мы уверены в том, что выставка сможет порадовать каждого посетителя интересным, познавательным и увлекательным содержанием.

Леонардо да Винчи родился близ города Винчи в Тоскане, недалеко от Флоренции, сердца эпохи Возрождения. Он был незаконнорождённым ребёнком. Рост Леонардо составлял 180 см, он был левшой. Весьма необычные для того времени качества. Известно, что Леонардо писал зеркальным способом, справа налево. Принято считать, что в своих заметках и чертежах Леонардо намеренно совершал ошибки для защиты своих идей и концепций.

Большая часть его научных идей известна нам благодаря его кодексам. Считается, что в общей сложности он оставил свыше 24000 страниц рукописей, однако до наших дней дошли только 6000. Его

работы были посвящены исследованиям в области геометрии, инженерии, фауны и флоры, математики, физики, философии; он создавал невообразимо точные анатомические рисунки (невзирая на опасность быть осуждённым духовенством за противоречивые выводы своих исследований и еретическое поведение), а также оставил после себя изобретательные проекты сооружений и механических устройств.

Нельзя забывать о том, что многие из работ Леонардо оставались неизвестными на протяжении долгого времени после его смерти. Например, одна из его наиболее важных рукописей была обнаружена лишь в 1966 году в библиотеке Мадрида в Испании. Удивительный талант Леонардо, возможно, не был оценён в полной мере, так как о многих важнейших открытиях стало известно лишь недавно. Многие его изобретения опередили эпоху на сотни лет. Невольно на ум приходит мысль о том, каким мог бы быть современный мир, если бы рукописи да Винчи попали в руки учёных раньше. Прогрессировали бы мы быстрее, и каким было бы качество этого прогресса?

В историю Леонардо вошёл в первую очередь благодаря своему таланту художника эпохи Возрождения. Он полагал, что живопись является самым благородным видом деятельности человека и имеет большее значение, нежели скульптура, литература и музыка. На протяжении 1503 года во Флоренции он работал над созданием своей самой известной картины «Мона Лиза». Историки считают, что для этого загадочного полотна позировала супруга торговца шёлком из Флоренции и мать троих детей Лиза Герардини. Среди других известных работ была фреска «Тайная Вечеря», выполненная в Милане. Уникальная интерпретация евангельского сюжета (момент, когда Иисус произносит слова о том, что один из апостолов предаст его), неподражаемая манера и техника художника на века покорили критиков.

«Витрувианский человек» стал без-
Леонардо. Создавая этот рисунок, да
довал цель изобрести концепцию идеаль-
должен был стать иллюстрацией к книге
фигура человека, то, какой мы все её
на выставке в 3D формате в сопрово-
понимания объяснений. Подавляющее
ваний и экспериментов да Винчи, подоб-
человеку», имели целью помочь худож-
шенства в искусстве. Если ему не удава-
пропорции, перспективу или же уловить
тени при определенном освещении, он тут же проводил научный эксперимент и методично разрабаты-
вал способы решения проблемы, с тем чтобы впоследствии изображение было максимально точным.

•••••
• “...одна из его наиболее важных
• рукописей была обнаружена лишь
• в 1966 году в библиотеке Мадрида
• в Испании. Удивительный талант
• Леонардо, возможно, не был оценён
• в полной мере, так как о многих
• важнейших открытиях стало из-
• вестно лишь недавно. Многие его
• изобретения опередили эпоху на
• сотни лет”
•••••

условным синонимом
Винчи вовсе не пресе-
ленных пропорций. Рисунок
Витрувия. Знаменитая
знаем, представлена
ждении простых для
большинство исследо-
но «Витрувианскому
нику достигнуть совер-
лось точно изобразить
эффект отбрасывания

Именно эта неуёмная жажда познания привела да Винчи к его инженерным достижениям и созданию боевых машин. На протяжении жизни Леонардо работал на благо миланской армии в качестве военного инженера и стратега. Считается, что он поступал так только из необходимости материально содержать себя, своих учеников и иметь возможность заниматься любимым делом. В этот период он проектировал мосты, для строительства которых не требовалось верёвок и гвоздей, штурмовые установки, создал прототип современного пулемёта, аэродинамические пули и проект военного танка. На рассмотрение правителю Венеции был представлен даже проект акваланга, ведь в то время город находился под угрозой нападения турецкой флотилии, поджидавшей в гавани Венеции удобного момента для атаки.

Да Винчи считал, что с помощью акваланга можно атаковать под водой пришвартованные суда противника, оставаясь незамеченным.

Леонардо не смог воплотить всего задуманного и начатого, и поэтому оставил нам после себя довольно мало. До наших дней сохранились около двенадцати картин, несколько набросков и его невероятные кодексы. Оригинальных работ сохранилось чрезвычайно мало, и тем ценнее они для современников. Работы Леонардо разошлись по всему миру. Большинство из них нельзя транспортировать ввиду хрупкости материала. Выставка «Гений да Винчи» была создана с целью воссоздать величайшие проекты и исследования Леонардо и собрать их воедино под одной крышей, чтобы посетители смогли в полной мере восхититься творениями величайшего ума. Мы надеемся, вам понравится выставка. И как знать, возможно, увиденное вдохновит вас на открытия, подобные тем, что совершил да Винчи.

Брюс Петерсон,
управляющий компанией «Grande Exhibitions»

ВЫСТАВКА

Главная задача организаторов состояла в создании выставки, способной собрать весь накопленный да Винчи опыт под одной крышей и сделать это таким образом, чтобы выставка могла путешествовать по крупнейшим городам мира, радуя глаз зрителя.

Из творческого наследия да Винчи, к сожалению, сохранилось не так уж и много. Уцелевшие работы Леонардо украшают крупнейшие музеи в различных городах мира и не покидают их стен. Более того, некоторые оригиналы, как, например, «Витрувианский человек», считаются бесценными и по причине хрупкости материала не могут быть выставлены на показ широкой публике.

Работая в тесном сотрудничестве, компания «Grande Exhibitions» и фонд «Anthropos Association» создали уникальную выставку гения да Винчи. Группа итальянских плотников во главе с Модесто Веччия, специалистом по творчеству Леонардо, на протяжении последних десяти лет занималась расшифровкой кодексов да Винчи, чтобы воссоздать изобретённые им аппараты и механизмы, которые и послужили экспонатами для этой выставки. Некоторые модели оригинального размера, другие были уменьшены или увеличены, чтобы усилить впечатление посетителя от экспонатов. Впервые идея создать передвижную выставку, объединяющую все известные изобретения да Винчи, пришла в голову Модесто в 1997 году. Примерно за 50 лет до этого небольшая группа плотников была нанята музеями в Милане и на



родине Леонардо в городе Винчи для создания миниатюрных моделей изобретений да Винчи.

ФПлотники воссоздали свыше 120 различных устройств и аппаратов да Винчи, используя при этом, насколько это было возможно, исторически достоверные материалы и технику.

При поддержке компании «Grande Exhibitions» в лице её основателя Брюса Петерсена выставка стала не просто коллекцией изобретений, но и вместила в себя другие работы да Винчи, в полной мере раскрывающие зрителю масштаб его гения. Выставка содержит репродукции наиболее известных его картин оригинального размера, удивительное собрание анатомических рисунков, знаменитый полномасштабный рисунок фрески «Битва при Ангиари», а также познавательные и развлекательные 3D версии картины «Мона Лиза», фрески «Тайная вечеря» и «Витрувианского человека» и, конечно же, самый амбициозный проект да Винчи — скульптуру «Лошадь Сфорца».

Данная выставка является самой современной и полной коллекцией работ да Винчи, путешествующей по миру с целью рассказать зрителю о величайшем гении человечества, прожившем столь удивительную жизнь.

ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

(1452–1519)

ВЕЛИЧАЙШИЙ ГЕНИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Леонардо да Винчи — один из величайших изобретателей, художников и мыслителей всех времён. Он был признанным художником и скульптором эпохи Возрождения, талантливым инженером и учёным.

Леонардо родился 15 апреля 1452 года близ городка Винчи в Тоскане неподалёку от Флоренции. Он был внебрачным сыном нотариуса Мессер да Винчи и простой крестьянской девушки по имени Катерина. До 14 лет жил вместе со своим отцом и мачехой, а после поступил учеником в мастерскую одного из самых уважаемых художников того времени Андреа ди Чионе, известного во Флоренции под именем Верроккьо.

С 1466 по 1476 год да Винчи работал в мастер-

ской Верроккьо вместе с другими известными художниками.

С 1476 года круг интересов да Винчи стал поистине универсальным. Леонардо не был высокообразованным человеком по общепринятым меркам того времени. Он не изучал греческого языка или латыни, а окружающий мир познавал, не штудировав учебники, а просто наблюдая, сравнивая и делая выводы. Эти методы впоследствии он будет использовать всю свою жизнь.

Да Винчи создал шедевр мировой живописи «Мону Лизу». Он был величайшим скульптором и кроме того неплохим музыкантом. Свои научные наблюдения он использовал для обогащения художественных, музыкальных дисциплин и скульптурного дела.

Да Винчи был также известен как военный инженер. Он стал изобретателем прототипа современного танка, пули и удивительных по своей конструкции мостов.

Он мечтал о создании Идеального города со здоровой окружающей средой для спасения городов от эпидемий чумы. Леонардо предвосхитил открытие автомобиля и усовершенствовал шарикоподшипник и систему передач. Он создал наброски механизма первого робота и стал одним из первых картографов. Также Леонардо был од-

ним из первых анатомов. Помимо этого сфера его интересов распространилась на геологию, астрономию и гидравлику.

“И хотя гений человека способен на удивительные изобретения, он никогда не сможет создать ничего более красивого и простого, чем то, что создаёт Природа, ибо в её изобретениях нет ничего несовершенного и нет ничего излишнего”

Леонардо да Винчи

Да Винчи умер в полном одиночестве и разочаровании в 1519 году в замке Амбуаз во Франции. Последними словами гения были:

“Я оскорбил Господа Бога и человечество! Ибо мои работы не достигли того совершенства, к которому я стремился!”

Леонардо да Винчи

КОДЕКСЫ

Научные и технические исследования да Винчи были обнаружены в его рукописях, из которых сохранилось свыше 6000 страниц. По всей видимости, Леонардо намеревался опубликовать их в виде большой энциклопедии знаний. Однако, как и большинству других его проектов, этому не суждено было сбыться.

Вполне возможно, что да Винчи использовал накопленный в записных книжках материал с целью совершенствования качества своих картин. Он изучал анатомию, чтобы достоверно изображать человеческое тело, растения и скалы — чтобы пейзажи на его картинах выглядели реалистично. Однако в определённый момент его записи превратились в нечто большее. Они стали живым свидетельством его очарования природой длиною в жизнь и гения его удивительных открытий.

После смерти Леонардо да Винчи все рукописи достались его любимому ученику Франческо Мельци. Мельци бережно хранил их до самой своей смерти в 1579 году.

Его потомки, однако, не испытывали столь трепетного отношения к рукописям и продавали отдельные страницы различным коллекционерам или попросту раздавали их своим друзьям.

В 1630 году рукописи попали в руки Помпео Леони, скульптора при дворе коро-

ля Испании, который попытался отсортировать их по темам. К сожалению, это привело лишь к тому, что хронология была полностью нарушена. Таким образом, большая часть разработок Леонардо была утеряна. Каждая отсортированная записная книжка получила название кодекса.

В своих записях Леонардо использовал уникальную манеру письма, которую он сам же и изобрёл. Учёные, исследовавшие его рукописи, были этим крайне озадачены. Обычно да Винчи использовал так называемый зеркальный метод, начиная писать с нижнего правого угла страницы справа налево. Традиционным способом он писал только для посторонних людей.

До сих пор историки не пришли к единому мнению относительно этого феномена, полагая, что таким образом да Винчи либо пытался зашифровать свои записи, либо считал этот способ письма более быстрым и удобным для себя, ведь он был левшой.

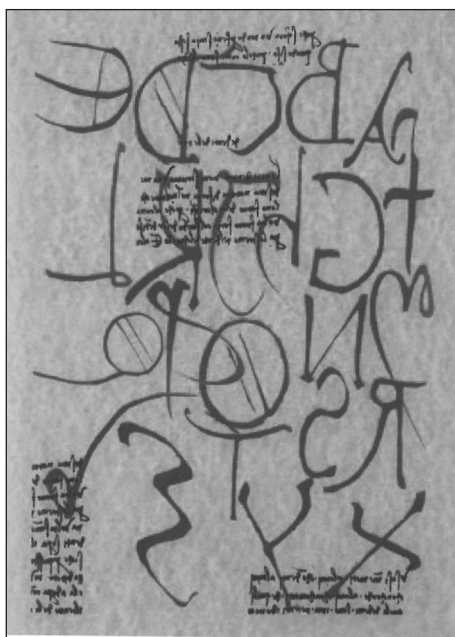
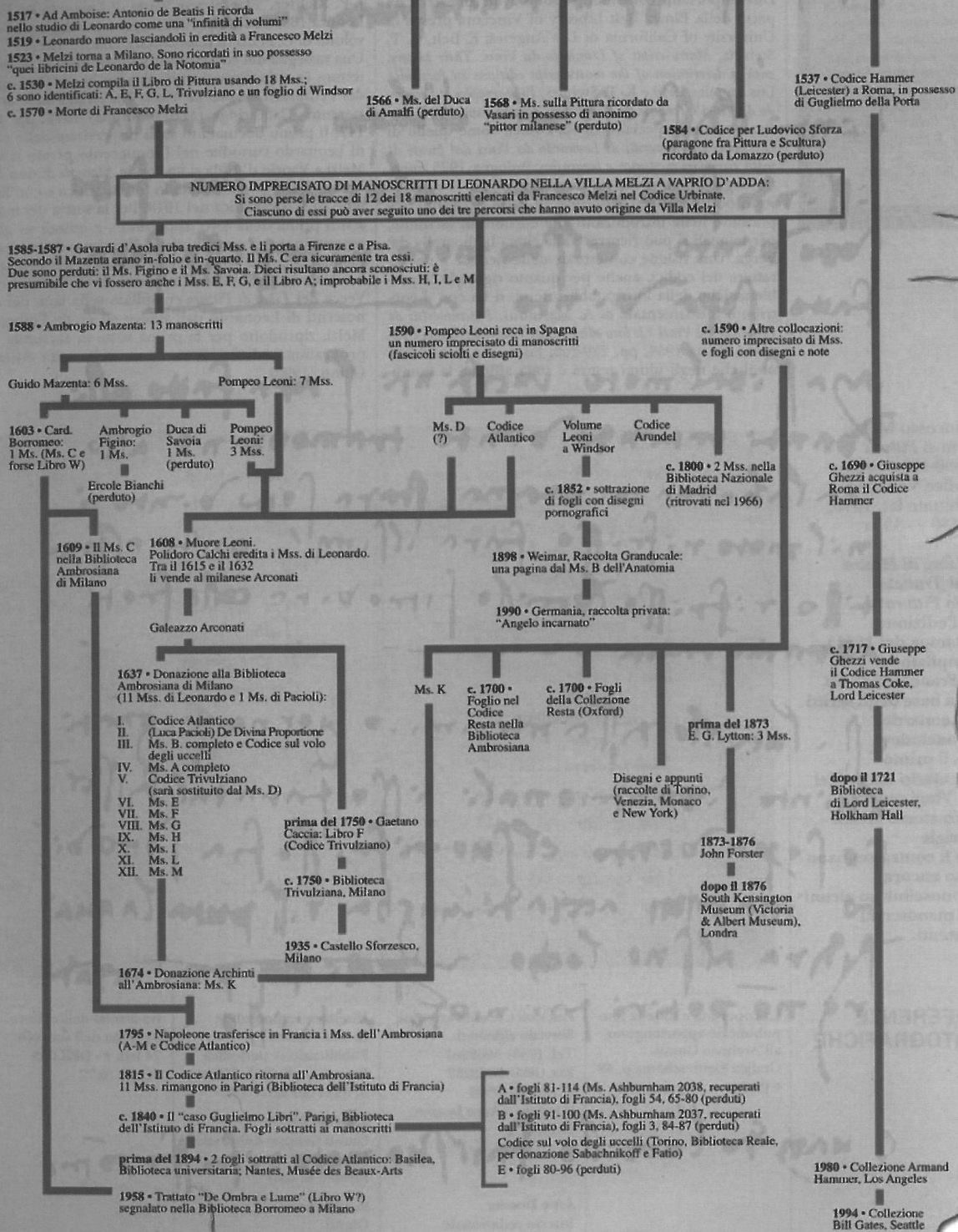


Рисунок Леонардо выполнен красными чернилами. Обратите внимание на зеркальный метод написания букв

I CODICI DI LEONARDO PROVENIENZA VICENDE COLLOCAZIONI



Очевидно, что рукописи Леонардо предназначались исключительно для личного пользования, так как носили весьма хаотичный характер. Буквы были написаны быстро, неаккуратно, отсутствовали правила пунктуации. Использование уникального метода письма делало записи абсолютно нечитаемыми для посторонних. В почерке часто можно заметить отражение сложного мыслительного процесса да Винчи.

Спустя время большая часть манускриптов разошлась по разным музеям, архивам и библиотекам по всему миру. Лишь одна записная книжка находится в руках частного коллекционера. В 1966 году в Национальной библиотеке Мадрида были

случайно обнаружены две рукописи. На сегодняшний день известны десять кодексов Леонардо, представляющих собой собрание его заметок, записей, эскизов, рисунков и размышлений.

- Кодекс Арунделла
- Кодекс Фостера
- Кодекс Атлантикус (Атлантический кодекс)
- Кодекс Лестера
- Кодекс Тривульцио
- Трактат о полёте птиц
- Кодекс Ашбернхема
- Виндзорский кодекс
- Французский кодекс
- Мадридский кодекс

ИЗОБРЕТЕНИЕ АППАРАТОВ

Автомобиль, подводная лодка, танк, пулемёт, автомобильный домкрат, видеокамера, акваланг, вертолёт, пароплан, шарикоподшипник — это всего лишь несколько примеров изобретений да Винчи, свидетельствующих о том, насколько он опережал своё время.

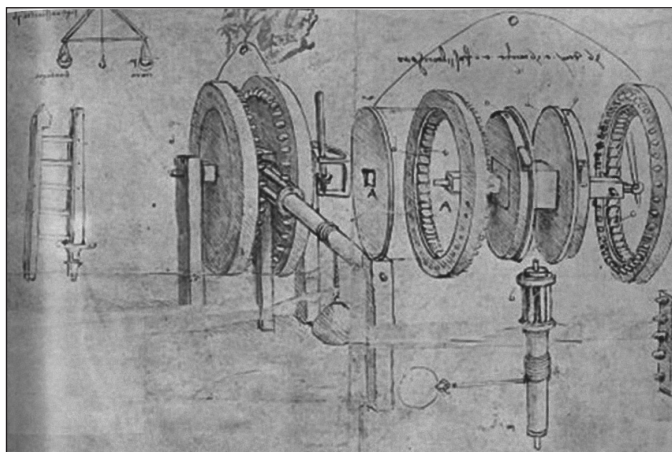
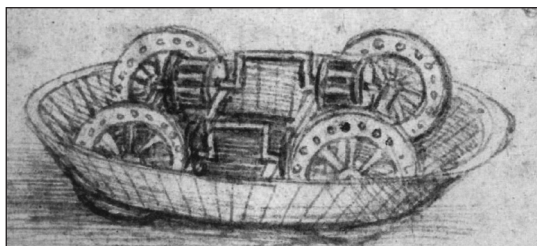
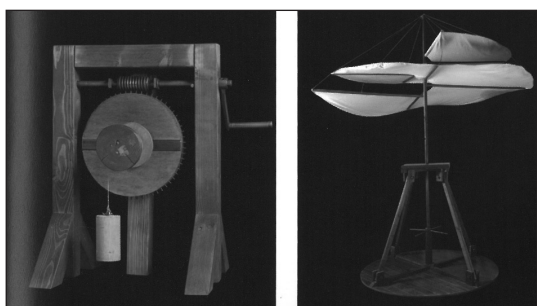
Исторические документы свидетельствуют о том, что Леонардо поручал местным плотникам, которым он доверял, сконструировать несколько машин по своим чертежам. К сожалению, до наших дней не сохранилось ни одной такой машины.

Систематическое изучение технических работ да Винчи — относительно новое явление, ставшее распространённым лишь в последние 50 лет. Каждая выставочная модель была воссоздана строго по чертежам кодексов Леонардо. Действующие модели были выполнены из исторически достоверных материалов, таких как дерево, хлопок, медь, железо, парусина и струны.

Вокруг изобретений Леонардо развернулись настоящие научные споры. Некоторые учёные полагают, что зачастую да Винчи специально до-

пускал ошибки в своих чертежах, с тем чтобы «авторские права» принадлежали именно ему. Для того чтобы воплотить в жизнь изобретения Леонардо, современные плотники должны были изучить флорентийский диалект того времени, суметь интерпретировать зеркальный метод письма Леонардо и разобраться в его непростом почерке.

Удивительно то, насколько прогрессивными были машины да Винчи, опередившие своё время на 400–500 лет. Это область знания, в которой гений да Винчи проявился как нельзя ярко. Оставаясь верным принципам наблюдения и эмпиризма, большую часть своего времени он проводил, экспериментируя со своими конструкциями. Большинство машин Леонардо так и не были сконструированы. Другим же было не суждено появиться при жизни гения, принимая во внимание, насколько прогрессивно он мыслил для своего времени



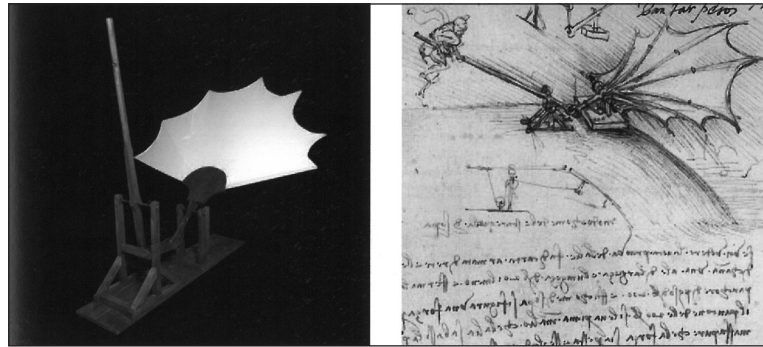
ОСНОВОПОЛОЖНИК ПОЛЁТА

В XV веке мысль о полёте не покидала многих инженеров. Но именно Леонардо стал первым, кто стал изучать теорию полёта.

Изначально да Винчи работал над созданием летательного аппарата, основываясь на принципе маховых движений крыльев. Он анализировал характеристики полёта птиц и летучих мышей, а также изучал анатомию их крыльев. Он верил в то, что человек сможет научиться летать, если сконструирует, а затем приведёт в действие аппарат, имитирующий полёт птиц.

Некоторые из его рисунков изображают лежащего вниз лицом человека, который собирается взлететь с помощью механизмов, присоединённых к нему наподобие крыльев. Другие рисунки демонстрируют более сложные крепёжные системы. Есть и рисунки человека, расположенного вертикально, машущего крыльями и нажимающего на педали аппарата руками и ногами.

Однако позже да Винчи приходит к выводу о том, что человеку просто не хватит мускульной силы для того, чтобы подняться в воздух подобно птице. В результате он начинает исследовать возможность полёта без маховых движений, углубляясь в изучение скорости ветра и способов использования воздушных потоков для полёта.



Его идеи, воплощённые в виде чертежей и набросков, во многом предвосхищали появление современных дельтаплана, самолёта, вертолётa и парашюта. Результатом его неутомимых исследований стало собрание, содержащее 36 страниц рисунков полёта птиц и записей, в которых да Винчи утверждает, что полёт человека возможен.

“Птица — действующий по математическим законам инструмент, сделать который в человеческой власти со всеми движениями его, но не со столькими же возможностями; но имеет перевес она только в отношении возможности поддерживать равновесие. Потому скажем, что этому построенному человеком инструменту не хватает лишь души птицы, которая должна быть скопирована с души человека”

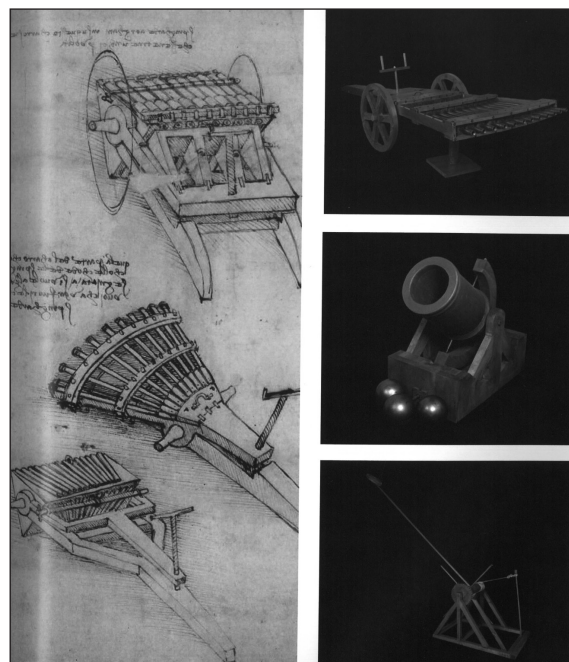
Леонардо да Винчи

ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

Постоянные войны вызвали необходимость разработок в области стратегии ведения войны и инженерии. Самыми удивительными изобретениями Леонардо стали именно его военно-инженерные сооружения.

Да Винчи занимался проектированием военной техники в ранние годы своего пребывания в Милане (примерно 1483–1490 годы) и по возвращении во Флоренцию приблизительно в 1502–1504 годах. В обоих городах он считался уважаемым стратегом, давая советы генералам и государственным деятелям. Некоторые из его ранних проектов были весьма практичны и просты по своей конструкции. Как, например, временный подвесной мост или лестница для осады крепости.

Более поздние проекты Леонардо были сконцентрированы на разработке оборонительных и наступательных стратегий: мосты, штурмовые лестницы, усовершенствованная артиллерия, орудийные станки, бомбомёты. Леонардо создал чертежи многоствольного пулемёта, пушки, катапульты, гигантского арбалета, бронированного фургона, оснащённого косами, и бронированной машины — прототипа современного танка.



ФИЗИКА И ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

“Я убеждён в безотлагательной деятельности. Знать недостаточно — мы должны применять. Хотеть недостаточно — мы должны делать”

Леонардо да Винчи

Леонардо верил в то, что механика является ключом к тайнам мироздания. Он изучал поведение воды, воздуха, света и сумел определить механизм их движения в различных условиях. Да Винчи создал множество рисунков с изображением вихревого движения воды в водовороте, потока воздуха и природы света с его тенями и отражением. Всё это время главным принципом его работы было стремление понять сокрытые от человеческого глаза физические и механические принципы.

Да Винчи считал человеческое тело сложной и развитой машиной, способной двигаться, используя принцип, схожий с механическим. Он изучал, каким образом анатомия формирует поведение человека и животных. Леонардо было также интересно, как человек выражает свои чувства и какие сокрытые механизмы управляют жизнью.

Учёный предположил, что, поскольку принцип движения человеческого тела и силы природы известны, на основании этого можно сделать выводы о принципах движения машин, которые бы подражали природе. Он изучал анатомию, физиогномику и механику, которые легли в основу большинства его научных открытий и изобретений. Сегодня они в значительной степени могут помочь нам

понять мысли величайшего учёного, изобретателя и художника.

К наиболее известным изобретениям да Винчи в области механики относятся: маховик, шарикоподшипниковая система, спиральная пружина, устройства для трансформации движения, эксцентриковый кулачок.

ОБЩЕСТВЕННАЯ РАБОТА

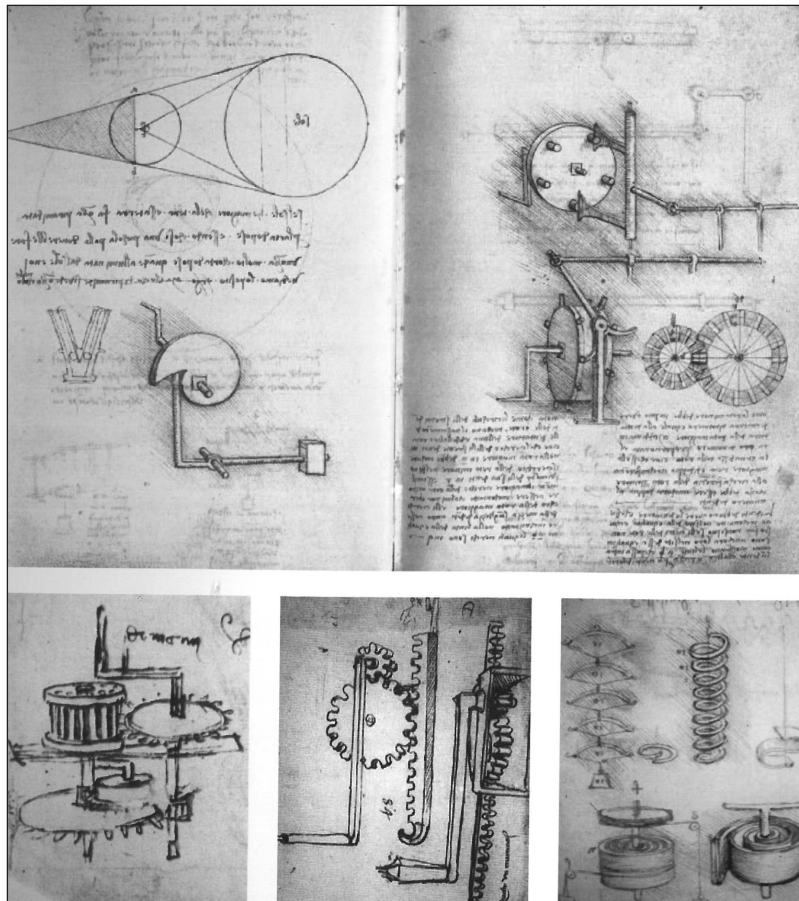
“Существуют три типа людей: которые видят; которые видят то, что им показывают; которые не видят”

Леонардо да Винчи

Всю свою жизнь Леонардо работал над многочисленными инженерными проектами, изобретая аппараты, способные увеличить производительность труда. Он сконструировал устройства для подъёма тяжелых предметов, кран, механизм для бурения и экскаватор.

Будучи проницательным наблюдателем, Леонардо всегда пытался заглянуть в самую суть

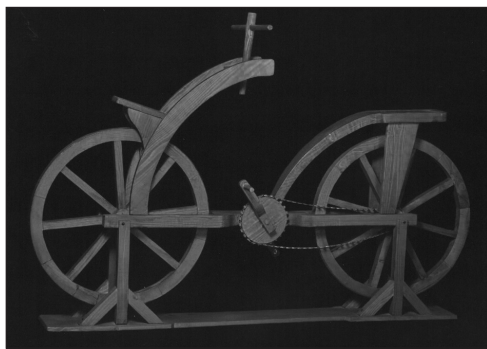
изучаемого вопроса, прежде чем взяться за работу. Ещё в подростковые годы, в мастерской у Верроккьо, Леонардо создал проект «зеркального отражателя», который бы плавил и сливал металлы путём воздействия на них отражённого теплового потока. Он был очарован свойствами света и его отражением на различных поверхностях. Позже да Винчи посвятит много времени, рисуя



и анализируя распространённые в то время машины.

Многие из чертежей и рисунков Леонардо являются настоящими произведениями искусства. Другие же выполнены в форме черновых набросков и в большей степени сконцентрированы на механизме того или иного аппарата. Зачастую такие наброски содержали заметки, написанные зеркальным почерком, и информацию о том, как оптимизировать эффективность устройства и увеличить его скорость. Нередко подобным образом да Винчи удавалось усовершенствовать уже существовавшие на тот момент аппараты.

Интерес Леонардо к механике не угасал на протяжении всей его жизни. Даже будучи в пре-



клонном возрасте, да Винчи продолжал вносить изменения в свои работы в области металлургии, строительных и текстильных машин с целью их дальнейшего совершенствования. В некоторых набросках да Винчи, посвящённых гражданским сооружениям, можно обнаружить «специальные» ошибки. Часто Леонардо опускал ключевой компонент или рисовал его неверно либо же использовал комментарий, в котором указывал на допущенную им ошибку. Многие исследователи полагают, что таким образом учёный защищал свои «авторские права» и материальные интересы, на случай если работы попадут в неправильные руки.

ИДЕАЛЬНЫЙ ГОРОД

Леонардо принялся за изучение архитектуры и перепланировки главных городов Италии, преимущественно Милана, после эпидемии чумы, охватившей город в 1484 году. Да Винчи работал над проектом Идеального города, построенного в соответствии с концепцией единства и гармонии.

Согласно записям и наброскам Леонардо, Идеальный город должен был располагаться неподалёку от большой реки, так как вода могла стать решением многих городских проблем. Его Идеальный город характеризовался превосходной системой каналов, которые использовались для коммерческих целей и в качестве канализации.

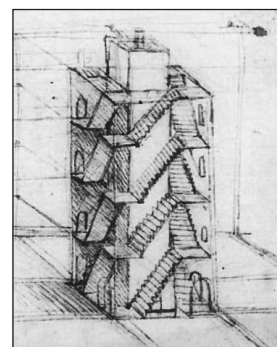
Он создал концепцию водоснабжения зданий. В каждую комнату вода поступала бы при помощи подъёмной механической системы, как в мастерских ремесленников. Вода в мастерских использовалась для приведения в действие различных устройств и механизмов.

Будучи увлечённым классическими формами, Леонардо создал наброски нескольких центральных храмов, обладающих симметричной архитектурой, достигнутой при помощи затейливых апсид, ниш, капелл и портиков.

Да Винчи разработал многоуровневую систему дорог, ориентированную на функциональное использование палаццо — распространённого в Италии типа здания. Верхние дороги были предназначены для горожан благородного сословия и проходили на уровне верхних этажей палаццо. Дороги второго уровня были отведены для повозок с товарами и ориентированы на средние этажи зда-

ния, использовавшиеся для торговли. Широкие просторные улицы, окружавшие нижнюю часть палаццо, были запроектированы для передвижения скота и грузовых телег. Загруженность улиц того времени вела к скоплению нечистот и плохим санитарным условиям. Подобная схема была призвана решить эту проблему. Достаточно вспомнить, что в период с 1484 по 1486 год чума унесла одну треть населения Милана.

Рукописи Леонардо, содержащие набросок Идеального города, являются удивительным примером строительного искусства и относятся к периоду с 1487 по 1490 год. Многие элементы чертежа Идеального города широко применяются и в настоящее время.



ГИДРАВЛИКА И ВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

“Вода — движущая сила природы”

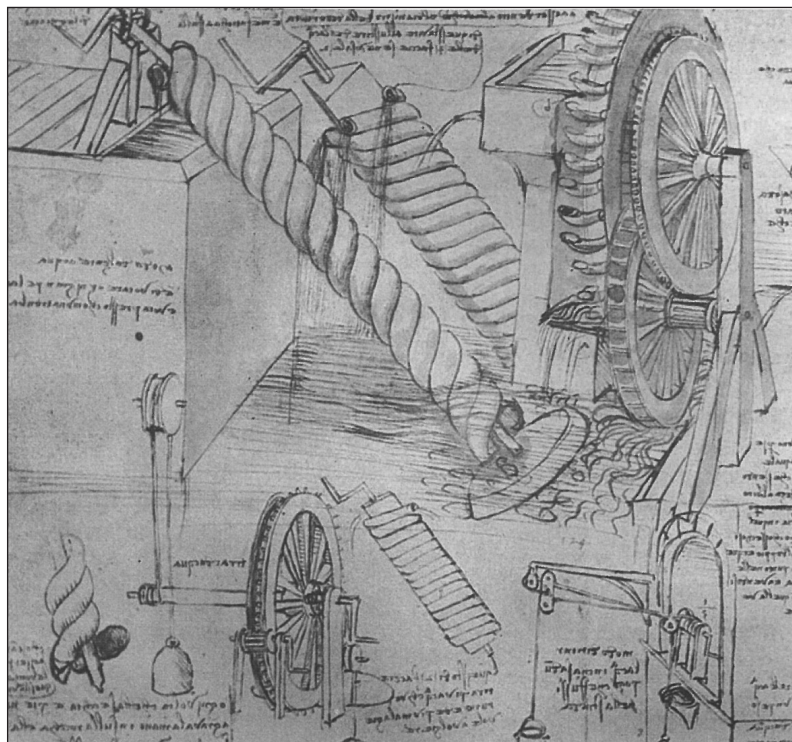
Леонардо да Винчи

Вода завораживала да Винчи всю его жизнь и вдохновила на многие изобретения в области гидравлики.

В детстве Леонардо любил наблюдать за течением реки неподалёку от своего родного городка Винчи в Тоскане. Позже он спроектирует планы укрощения рек и управления ими наряду с системами водоотвода для защиты городов от наводнений.

Вода интересовала учёного особенно. Он верил в то, что именно вода является движущей силой природы. Изучая волны, воздушные потоки и создавая наброски по своим наблюдениям, Леонардо пытался провести аналогии между движением воды и потоками воздуха. Некоторые из его летательных аппаратов во многом по форме и механической конструкции напоминают лодки.

Леонардо работал преимущественно в Милане и во Флоренции. Оба этих города располагались недалеко от моря. Он занимался изучением уже существовавших на тот момент гидравлических устройств, пытаясь усовершенствовать их и предложить новые решения. Одной из его крупнейших разработок стал проект по отведению русла реки Арно от затопляемой Флоренции. Да Винчи был убеждён в том, что сумеет изменить течение реки таким образом, чтобы соединить Флоренцию с



морем. Проект был начат в 1503 году, однако вскоре учёный отказался от его осуществления.

Самыми известными изобретениями Леонардо в области гидравлики стали усовершенствованный им «Архимедов винт», использовавшийся для передачи воды из низлежащих водоёмов в оросительные каналы, гидравлическая пила, акваланг, двухкорпусное судно, колёсное судно и спасательный круг. Фантазия да Винчи была столь велика, что именно ему принадлежат проект первой подводной лодки и описание тактики подводной атаки на неприятельское судно.

ОПТИКА

“The eye, the function of which is so clearly demonstrated by experience, has been defined until the present time by a great many authors in a certain way - but I find it to be completely different.”

Leonardo da Vinci

Леонардо был крайне заинтересован в оптике, эффекте света, отражении, тени и возможностях увеличения изображения. Для него как художника глаз представлял особую ценность. Он полагал, что глаз — это окно души, а зрение является важнейшим чувством, с помощью которого человек познаёт окружающий мир.

Живительным в научном подходе да Винчи было его стремление подвергать сомнению не только существовавшие в то время представления, но и собственные идеи. К 1508 году он разработал

более сложную теорию о строении глаза, внеся тем самым неоценимый вклад в развитие оптики. Согласно его теории, глаз и зрачок функционируют подобно камере, при попадании в глазное дно изображение переворачивается и преобразуется.



Нехватка основополагающих знаний латыни, возможно, во многом ограничила его исследования в области оптики, и, тем не менее, его неуколепительная вера в важнейшую роль опыта, практики, эксперимента и наблюдения привела к удивительным выводам и открытиям. Он абсолютно верно провёл разграничение между периферическим и центральным зрением и, возможно, стал первым, кто написал о стереоскопическом зрении, в котором пространственный образ возникает при зрительном восприятии объектов двумя глазами.

Леонардо также обратил внимание на действие яркого света на глаз. Почему человек, на-

ходясь на улице при ярком дневном свете, видит только темноту внутри дома, а зайдя внутрь, способен различать отдельные детали?

Важнейшее влияние на работы да Винчи оказало его изучение оптического феномена света и тени. В своих картинах он неоднократно прибегает к технике нанесения тёмного тона в контрасте со светлым и наоборот с целью усилить впечатлительные трёхмерности пространства.

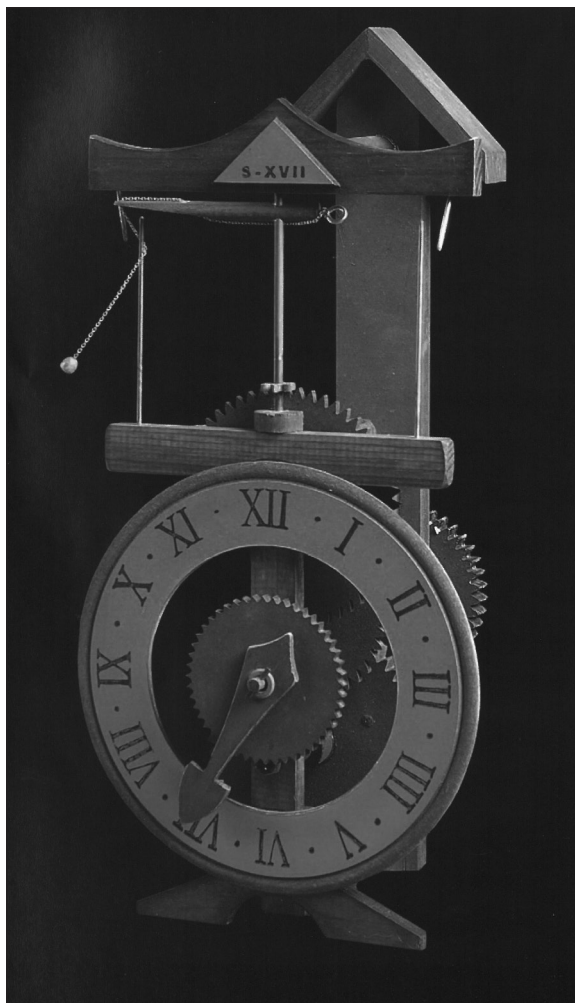
Он проектирует прожектор для театра и приходит к выводу о том, что можно использовать линзы и зеркала, для того чтобы наблюдать планеты и Луну.

МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ХРОНОМЕТР

Поэт стоит ниже художника по представлению видимых вещей — и много ниже музыканта по представлению вещей невидимых”

Среди искусств музыка была для да Винчи на втором месте после живописи. Большинство его музыкальных работ, включая «Трактат о музыке», к сожалению, были утеряны. Тем не менее, музыкальные способности да Винчи высоко ценились его современниками. Он обладал красивым певучим голосом и умел играть на лире да брачио, предке современной скрипки.

В 1482 году да Винчи переехал в Милан в надежде получить покровительство герцога Людовико иль Моро. Он впечатлил герцога своими музыкальными способностями и умением организовывать придворные представления и создавать красивые декорации для ярких зрелищ. Одной из его самых зрелищных постановок стала «Маска планет», которая была настолько красива, что один



Леонардо да Винчи

из придворных позже напишет: «Поначалу мы даже поверили, что перед нашими глазами настоящий рай».

Леонардо применил теорию механики и свои наблюдения в области акустики для создания новых видов музыкальных инструментов. Больше всего его интересовали лира, переносная пианола, механический барабан и флейта. Одна рукопись содержала чертежи одиннадцати вариантов барабана, способных менять высоту тона прямо во время игры.

Одной из самых красивых технических зарисовок Леонардо стал рисунок часов. Он изучал различные варианты существовавших в то время хронометров с целью их совершенствования.

ВИТРУВИАНСКИЙ ЧЕЛОВЕК

Рисунок Витрувианского человека был сделан да Винчи в качестве иллюстрации к книге римского архитектора Витрувия, написанной в I веке до н. э. Рисунок демонстрирует «золотое сечение», или канонические пропорции человеческого тела.

Пожалуй, самая известная иллюстрация да Винчи «Витрувианский человек» была создана им примерно в 1492 году и помещена в одной из его записных книжек. На рисунке изображена фигура обнажённого мужчины в двух наложенных одна на другую позициях: с разведёнными в стороны руками и ногами, вписанная в окружность; с разведёнными руками и сведёнными вместе ногами, вписанная в квадрат. Рисунок представляет собой удивительное слияние искусства с наукой и является идеальным примером канонических пропорций.

Рисунок сочетает в себе описание человеческого тела в соответствии с трактатом Витрувия и собственные наблюдения Леонардо в области человеческого тела.

Да Винчи стал первым натуралистом, применившим математику для понимания человеческой анатомии.

“Простота — это высшая утончённость”

Леонардо да Винчи

Заметки о пропорциях содержали следующее:

• ширина четырёх пальцев равна ширине ладони

- ступня равна ширине четырёх ладоней
- локоть равен ширине шести ладоней
- высота человека составляет четыре локтя (и соответственно 24 ладони)
- шаг равняется четырём локтям
- размах человеческих рук равен его высоте
- расстояние от линии волос до подбородка составляет 1/10 его высоты
- расстояние от макушки до подбородка составляет 1/8 его высоты
- расстояние от макушки до сосков составляет 1/4 его высоты
- ширина плеч составляет 1/4 его высоты
- расстояние от локтя до кончиков пальцев составляет 1/4 его высоты
- расстояние от локтя до подмышки составляет 1/8 его высоты
- длина ладони составляет 1/10 его высоты
- расстояние от подбородка до носа составляет 1/3 длины его лица
- расстояние от линии волос до бровей — 1/3 длины его лица
- длина ушей — 1/3 длины лица.

АНАТОМИЧЕСКИЕ РИСУНКИ

Леонардо начал исследование анатомии человеческого тела ещё во времена обучения в мастерской Андреа дель Верроккьо. Мастер настаивал, чтобы все ученики применяли в своих работах полученные в этой области знания.

Как успешному ученику, Леонардо было разрешено посещать больницу Санта-Мария Нуова во Флоренции и препарировать человеческие трупы. Позже он также будет проводить вскрытия в Милане, в больнице Маджоре, и в Риме, в Санто Спирито — первой больнице страны. С 1510 по 1511 год он работал совместно с доктором Маркантонио делла Торро (1481–1511). В течение 30-ти лет Леонардо препарировал 30 мужских и женских трупов разных возрастов. Совместно с Маркантонио да Винчи готовился к публикации теоретического труда по анатомии и специально для этого создал свыше 200 рисунков. Однако его книга была опубликована лишь в 1580 году, спустя много лет после его смерти, под названием «Трактаты о живописи».

Изучение анатомии давало Леонардо возможность точно изображать обнажённое тело. Нужно отметить, что художник рисовал не только кра-

сивые тела. Среди его анатомических зарисовок также встречались возрастные, морщинистые и обезображенные тела. Он изображал неприятные и даже отталкивающие уродства. Красота и уродство в его набросках и рисунках отражали объективную мысль о том, что зло и добродетель свойственны природе человека в равной степени.

Леонардо создал множество рисунков человеческого скелета и стал первым, кто в точности описал S-образную форму позвоночника. Он также исследовал искривление таза и утверждал, что крестец состоит из пяти позвонков. В своих рисунках Леонардо наглядно изображал человеческий череп и поперечное сечение мозга (трансверсальное, сагиттальное и фронтальное). Он изображал лёгкие, брыжейку тонкой кишки, мочеиспускательный канал, половые органы и даже половой акт. Будучи заинтересованным в «чуде беременности», он одним из первых нарисовал

положение плода в утробе матери. Очень часто он изображал мышцы и разрыв шейной и плечевой мышц. Да Винчи был непревзойдённым мастером топографической анатомии. Он исследовал анатомию не только человека, но и других живых существ. Важно отметить, что в основе его исследований лежало изучение структуры наряду с функцией, то есть Леонардо был одновременно и анатомом, и физиологом.

Интересным представляется тот факт, что да Винчи считают изобретателем карикатурного рисунка благодаря тому, что он часто изображал изуродованные человеческие тела.

Один из рисунков Леонардо сподвиг в 2005 году британского кардиохирурга придумать новый способ лечения повреждённого сердца. Более того, сообщается также о том, что именно да Винчи открыл такие болезни, как атеросклероз и артериосклероз.

ИСКУССТВО ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

Леонардо да Винчи наряду с Микеланджело, Рафаэлем и Тицианом принадлежит к художникам эпохи Возрождения. Большую часть своих картин и скульптур он создал во Флоренции и Милане в период с 1473 по 1513 год. Однако большинство его работ было утеряно.

Леонардо написал свыше 25 картин, из которых несколько сохранились лишь в виде копий. Около 6000 страниц заметок и рисунков дошли до наших дней в виде записных книжек и разрозненных фрагментов. Тем не менее учёные полагают, что это всего лишь малая доля того, что существовало на момент его смерти.

Для Леонардо искусство не могло существовать без науки. Он верил в то, что тайны мироздания могут быть разгаданы лишь посредством внимательных наблюдений, а любая теория обязательно должна быть подкреплена практикой и экспериментом.

Искусство Леонардо основано на слиянии научного наблюдения и опыта. Да Винчи был очарован светом и тенью и эффектом, создаваемым воздействием на человеческое лицо и на предмет нескольких источников света. Вопросы примене-

ния воздушной перспективы в пейзажах также вызывали в нём бурный интерес. Конечно, столь широкий круг интересов ставил его особняком среди современников.

Будучи перфекционистом, да Винчи без устали совершенствовал технику живописи, снова и снова экспериментируя над своими работами, внося изменения и ретушируя свои картины.

«Работа над произведением искусства никогда не может быть закончена, а может быть только лишь заброшена»

Леонардо да Винчи

Картины Леонардо да Винчи:

- «Благовещение» (1472–1475 гг.) Галерея Уффици (Флоренция, Италия)
- «Джиневра де Бенчи» (1474–1476 гг.) Национальная галерея искусств (Вашингтон, округ Колумбия, США)



- «Мадонна Бенуа» («Мадонна с цветком») (ок. 1478 г.) Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург, Россия)
- «Поклонение волхвов» (1481 г.) Галерея Уффици (Флоренция, Италия)
- «Мадонна в скалах» (1481 г.) Галерея Уффици (Флоренция, Италия)
- «Портрет музыканта» (1490 г.) Две версии, Лувр (Париж, Франция) и Национальная галерея (Лондон, Великобритания)
- «Портрет женщины» (Красавица Ферроньер) (ок. 1490 г.) Пинакотека Амброзиана (Милан, Италия)
- «Дама с горностаем» (Чечилия Галлерани) (1490–1491 гг.) Музей Чарторыжских (Краков, Польша)
- «Мадонна Литта» (1490–1491 гг.) Государственный Эрмитаж (Санкт-Петербург, Россия)
- «Тайная вечеря» (1495–1498 гг.) Санта-Мария-делле-Грацие (Милан, Италия)
- «Мона Лиза» (Джоконда) (ок. 1503–1505 гг.) Лувр (Париж, Франция)
- «Святая Анна с Мадонной и младенцем Христом» (ок. 1510 г.) Лувр (Париж, Франция)
- «Иоанн Креститель» (1513–1516 гг.) Лувр (Париж, Франция)
- «Портрет самого себя в преклонном возрасте» (ок. 1512 г.) Королевская библиотека (Турин, Италия)

СЕКРЕТЫ «МОНЫ ЛИЗЫ»

Свыше восьми миллионов посетителей каждый год приезжают в Лувр, чтобы восхищаться шедевром «Мона Лиза». Тем не менее, то, что мы видим сегодня, лишь отдалённо напоминает оригинальное творение Леонардо да Винчи. Более 500 лет отделяет нас от времени создания картины.

Сегодня перед нами изображение потускневшего, выцветшего лица женщины, пожелтевшее и потемневшее в тех местах, где раньше зритель мог видеть коричневые и зелёные тона. Современники Леонардо не раз восхищались свежими и яркими красками полотен итальянского художника.

Этот портрет не избежал разрушительного действия времени и повреждений, причинённых в результате многочисленных реставраций. Деревянные опоры сморщились и покрылись трещинами. Свойства пигментов, связующего вещества и лака с годами претерпели изменения под воздействием химических реакций.

Французскому инженеру Паскалю Котте, изобретателю мультиспектральной фотокамеры, было дано почётное право создать серию снимков «Моны Лизы» в высочайшем разрешении. Результатом его работы стали детальные снимки картины в диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного спектра (световые волны, которые при нормальных условиях человеческий глаз воспринимать не может).

Используя уникальный сканер собственного изобретения, Паскаль потратил около трёх часов, создавая снимки «голой» картины, то есть без рамы и защитного стекла. Результатом работы стали 13 снимков шедевра с 240-мегапиксельным разрешением.

Качество этих изображений абсолютно уникально.

Потребовалось два года для анализа и проверки полученных данных.

Двадцать пять секретов картины были впервые обнародованы в 2007 году на выставке «Гений да Винчи».

Например, мы впервые можем насладиться оригинальным цветом красок «Моны Лизы» (то есть цветом оригинальных пигментов, которые использовал да Винчи). Снимки представили перед нами картину в первоизданном виде, подобно тому, какой её видели современники Леонардо: небо цвета лазурита, тёпло-розовый цвет кожи лица, отчётливо прорисованные горы, зелёные деревья...

Фотографии Паскаля Котте показали, что Леонардо не закончил работу над картиной. Мы наблюдаем изменения в положении руки натурщицы. Видно, что поначалу Мона Лиза поддерживала рукой покрывало. Также стало заметно, что выражение лица и улыбка сначала были несколько другими. А пятно в уголке глаза является повреждением в лаковом покрытии от воды, возникшем, скорее всего в результате того, что картина какое-то время висела в ванной комнате Наполеона.

Мы также можем определить, что некоторые части картины со временем стали прозрачными. И увидеть, что вопреки современной точке зрения у Моны Лизы были брови и ресницы!

«ТАЙНАЯ ВЕЧЕРЯ»

“Где дух не водит рукой художника, там нет искусства”

Леонардо да Винчи

«Тайная вечеря» была заказана покровителем да Винчи герцогом Людовико Сфорца для украшения стены трапезной доминиканского монастыря Санта-Мария-делле-Грацие в Милане. Фреска создана Леонардо в период с 1495 по 1498 год.

На фреске изображен момент, когда Иисус произносит слова о том, что один из апостолов предаст его, и бурная разноречивая реакция на это двенадцати его учеников.

Традиционно росписи выполнялись по сырой штукатурке и требовали от мастера быстрого исполнения. Вместо этого Леонардо уплотнил каменную стену, покрыв её слоем смолы и мастики, а затем писал по уплотнённому слою темперой. Эта техника позволила ему изобразить мельчайшие детали, но, к сожалению, пагубно сказалась на сохранности фрески, которая начала разрушаться спустя несколько лет.

Работа над росписью продолжалась медленно. Леонардо мог смотреть на начатую фреску целый день, размышляя о том, какими художественными средствами лучше всего передать евангельское предание.

Размеры законченной фрески 460×880 см. И хотя тема росписи была довольна традиционной для монастырских трапезных того времени, реалистичный стиль Леонардо, ощущение перспективы, драматизм в изображении учеников Иисуса создают неповторимое чувство глубины и реализма.

Двенадцать апостолов изображены группами по три человека. Слева направо:

Группа 1 — Варфоломей, Иаков Алфеев и Андрей

Группа 2 — Иуда Искариот, Петр и Иоанн

Группа 3 — Фома, Иаков Зеведеев и Филипп

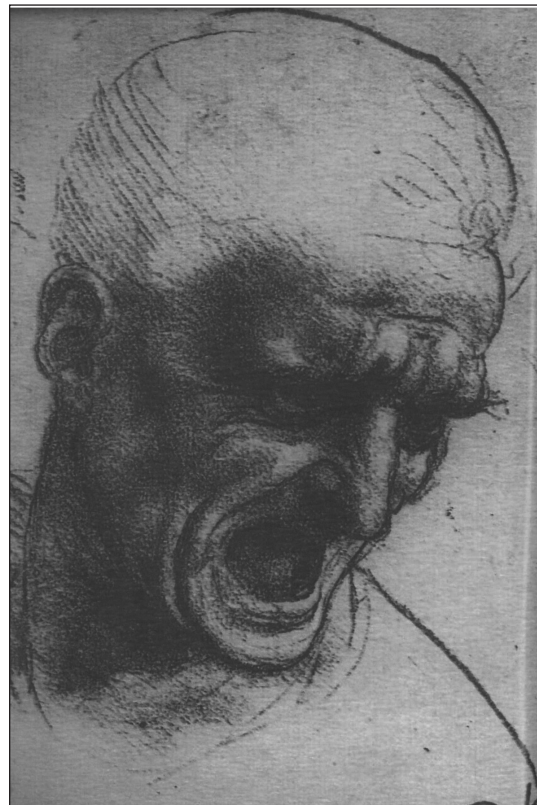
Группа 4 — Матфей, Иуда Фаддей и Симон

«БИТВА ПРИ АНГИАРИ»

В возникшей в 1494 году республике Флоренции было принято решение учредить зал Большого Совета (Зал пятисот) для решения важнейших политических вопросов. Большая часть работ по строительству зала в Палаццо Веккьо была завершена до 1500 года. По плану стены должны были украшать две большие фрески, призванные демонстрировать могущество и славу новой республики. Фрески должны были увековечить две важнейшие для истории Флоренции победы: битву при Ангиари и битву при Кашине.

Выбор художников должен был соответствовать важности задания. В результате комиссия остановила свой выбор на двух наиболее почитаемых в то время художниках, Леонардо да Винчи и молодом Микеланджело. Обе битвы считались достойными увековечения. Битва при Ангиари завершилась победой над миланским войском под командованием кондотьера Никколо Пичинино, битва при Кашине — победой Флоренции над Пизой. Фрески должны были украсить две противоположные стены зала.

Подающий надежды 27-летний Микеланджело и опытный мастер Леонардо восприняли сотрудничество как своего рода соперничество. Художники прониклись друг к другу ненавистью. Работа бок о бок с Микеланджело была воспринята да Винчи как вызов. В свою очередь Микеланджело уничижительно называл Леонардо «миланским музыкантом с лирой». Их совместной работе было суждено стать битвой титанов, свидетелем которой явился изредка заглядывавший к



ним молодой художник. Звали этого художника Рафаэль, в то время ему был 21 год.

В июне 1504 года да Винчи приступил к выполнению своей самой масштабной работы. Он пытался применить новую технику, используя нагретые масляные краски, чтобы лучше их зафиксировать. Однако штукатурка не высыхала, и роспись стала отсыревать уже в процессе работы.

Технические трудности так и не позволили Леонардо полностью завершить работу, в результате была готова лишь центральная часть фрески. В 1555–1572 годах семья Медичи решила реконструировать зал. Осуществлял перестройку Вазари с помощниками. В результате произведение Леонардо было утрачено — его место заняла фреска Вазари «Битва при Марчиано».

Эскизы Леонардо содержали сцены с изображением вздыбившихся лошадей, ужаса, боли и жесточённости солдат в разгар сражения. Больше года ушло у да Винчи и его учеников на создание рисунка в натуральную величину перед тем, как начать работу над фреской.

Наброски к фреске «Битва при Ангиари» часто описывались современниками Леонардо как восхитительные, захватывающие, поражающие и реалистичные.

Поскольку ни один из художников не завершил свою работу (Микеланджело даже не приступил к росписи), обе фрески известны нам благодаря вышеупомянутым кодексам и копиям и наброскам, имеющим отношение к этому проекту.

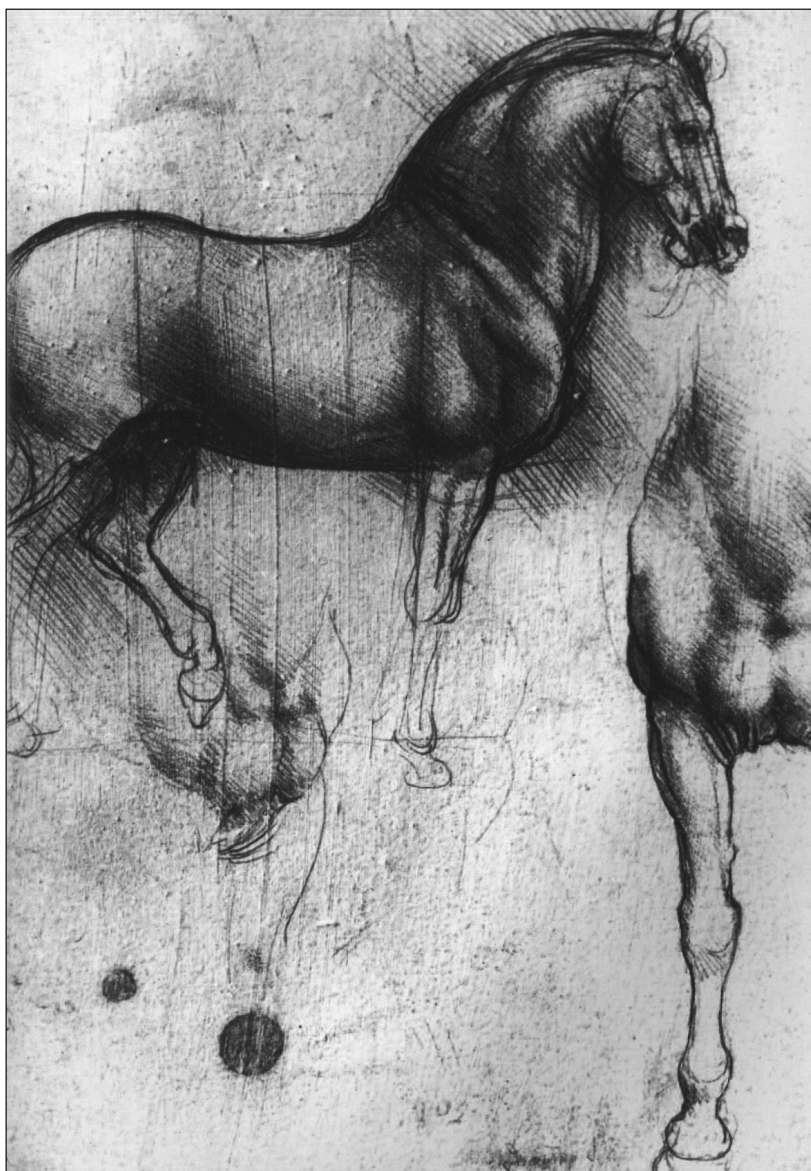
СКУЛЬПТОР

Основы скульптуры Леонардо постигает за время обучения во Флоренции в мастерской Верроккьо.

В период жизни в Милане да Винчи уже считался признанным скульптором. Он создавал терракотовые бюсты и рельефы, однако они не сохранились до наших дней в первоначальном виде.

Герцог Миланский Франческо Сфорца поручил Леонардо выполнить бронзовую конную статую своего отца. Над этой работой да Винчи будет трудиться на протяжении многих лет. Для нее он также создал многочисленные наброски лошадей и разработал их идеальные пропорции. По замыслу Леонардо размер статуи должен был в четыре раза превышать натуральную величину. Размер лошади должен был составить 7 метров в высоту.

По тем временам это был амбициозный проект, превосходящий другие по размерам и сложности. Немногие верили в его осуществление. Годы понадобились Леонардо для исследования и осмысления того, как данная работа может быть выполнена.



В ноябре 1493 года во дворе замка в Милане Леонардо представил полномасштабную глиняную модель лошади. Планам да Винчи по отлиту этой модели в бронзу не суждено было сбыться, так как в 1494 году французы вторглись в Италию и герцог распорядился использовать металл, предназначенный для статуи, для литья пушек. Когда в 1499 году французские войска

захватили Милан, солдаты использовали модель Леонардо в качестве мишени в своих тренировках, и она была полностью уничтожена.

В 1999 году в Милане была установлена скульптура семиметровой бронзовой лошади, воссозданная по наброскам да Винчи и подаренная городу США. Другая лошадь, отлитая из той же формы, находится в саду Гранд Рапиде в Мичигане.

АФОРИЗМЫ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

(О духовенстве): *«Хотя бы я и не умел хорошо, как они, ссылаться на авторов, гораздо более великая и достойная вещь — при чтении [авторов] ссылаться на опыт, наставника их наставников. Они расхаживают чванные и напыщенные, разряженные и разукрашенные не своими, а чужими трудами, а в моих мне же самому отказывают, и если меня, изобретателя, презирают, насколько более могли бы быть порицаемы сами — не изобретатели, а трубочки и пересказчики чужих произведений».*

«Подобно тому, как хорошо прожитый день приносит счастливый сон, так и хорошо прожитая жизнь влечёт за собой счастливую смерть».

«Нет высшей власти, чем власть над собой».

«Хорошо также часто вставать и немного развлекаться чем-нибудь другим, так как при возвращении к вещи ты лучше о ней судишь, а если ты постоянно находишься рядом с ней, то сильно обманываешься. Хорошо также удалиться от неё на некоторое расстояние, так как произведение твоё покажется меньшим, легче охватывается одним взглядом и лучше распознаются несоответствия и диспропорции в членах тела и в цветах предметов, чем вблизи».

«Опыт никогда не ошибается, ошибаются ваши суждения, ожидая от него такого действия, которое не является следствием ваших экспериментов».

«Я уже давно заметил, что существуют люди действия, которые не сидят и не ждут свершений. А вместо этого делают их сами».

«Женитьба — это попытка засунуть руку в мешок с ядовитыми змеями в надежде вытащить ужа».

«Нога человека — шедевр инженерии и произведение искусства».

«Испытав полёт однажды, ты навечно устремишь глаза в небо, ибо побывав там, на всю жизнь будешь обречён тосковать о нём».

«Я думал, что учусь жить, но учился я умирать».

«Вред приносишь ты, если хвалишь, но ещё больше вреда, если порицаешь то, в чём мало смыслишь».

«Кто хочет разбогатеть в течение дня, будет повешен в течение года».

«Тот, кто в споре ссылается на авторитет, использует свою память, а не свой разум».

«Избегай обучения, результат которого умирает вместе с учеником».

«Увлекающийся практикой без науки — словно кормчий, вступающий на корабль без компаса; он никогда не уверен, куда плывет».

Леонардо да Винчи

СКРОМНОЕ ОБАЯНИЕ МАЛЕНЬКОГО ЛАЙНЕРА

Клеванец Ю.В.

Общие сведения

1960-е гг. сейчас считаются «золотым десятилетием» развития гражданской авиации в СССР. Никогда раньше и никогда позже не было такого прироста пассажиропотока. В самом деле: если в 1960 г. самолётами Гражданского воздушного флота было перевезено 16,03 млн пассажиров, то в 1970 — уже 71,38 млн. Каждый год открывались новые воздушные линии, строились бетонные взлётно-посадочные полосы в аэропортах. Из сборочных цехов опытных заводов выкатывались пассажирские и транспортные самолёты, каждый из которых представлял собой определённую веху в развитии авиации Советского Союза. Некоторым из этих машин удалось «засветиться» и на рынках иностранных авиаперевозок. Одним из таких стал небольшой самолёт Як-40, о котором мы сейчас и поведём речь.

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о его производстве вышло в апреле 1965 г., так что эта машина уже подошла к полувековому юбилею в своей жизни.

После выхода Постановления сын Генерального конструктора А.С. Яковлева по примеру, поданному Туполевыми, стал Главным конструктором, руководителем разработки. Кроме него, инженерные и конструкторские коллективы по направлениям возглавляли: А.А. Левинских (зам. по производству) и К.Б. Бекирбаев (зам. по испытаниям). Заместителями главных специалистов были назначены Е.Г. Адлер, А. С. Андреев, В.Ф. Ивашкевич, С.А. Трофимов. Впрочем, в интернет-изданиях в качестве технического руководителя проекта называют Е.Г. Адлера, то есть Яковлев-младший, надо полагать, был таким руководителем по общим вопросам.

И ещё. В тех же интернетовских публикациях говорится, что отец и сын Яковлевы перед собственно проектированием постарались собрать большой подготовительный материал, в частности наработки КБ Бериева, которое в тех же 60-х гг. тоже участвовало в разработках пассажирских самолётов местных линий (например, проект Бе-30).



Рис. 1. Отец и сын Яковлевы

Работа продвигалась быстро. Первый полёт новый самолёт совершил в октябре следующего, 1966 г., лётчики-испытатели А.Л. Колосов, Ю.В. Петров. С 1967 г. широко демонстрировался на авиационных выставках, как внутри страны, так и за рубежом. Везде отмечались оригинальность конструкции самолёта, широкий спектр возможностей его применения.

Як-40, по-видимому, стал первым советским пассажирским лайнером, к которому проявили коммерческий интерес фирмы-перевозчики развитых капиталистических стран. В разное время переговоры о поставках велись с представителями Италии, Западной Германии, Франции, Швеции,

США и Канады. В Советском Союзе Як-40 был принят к эксплуатации Аэрофлотом и быстро включился в работу по перевозке пассажиров. К середине 1972 г. самолётами этого типа было перевезено два миллиона человек, а в 1988 — уже более 80 миллионов. Серийное производство было налажено на Саратовском авиационном заводе. Отдельные крупные агрегаты поставлял Смоленский авиазавод. Всего же в производстве участвовало более 100 заводов великой страны. В 1970 г. коллектив КБ за создание Як-40 был награждён Государственной премией. Однако в процессе производства и эксплуатации сначала подспудно, а затем и явно начала проявляться критика самолёта за его неэкономичность. Под аккомпанемент претензий производство в 1981 г. было остановлено, приоритет передавался следующей разработке этого КБ, самолёту Як-42. Всего было произведено 1011 машин типа Як-40. После окончания производства не прекращалась модернизация находящихся в эксплуатации самолётов, существенную роль в этих работах сыграл Минский авиаремонтный завод.

Описание самолёта

По основным параметрам Як-40 примерно соответствует или немного превосходит «средний» двухмоторный бомбардировщик времён Второй Мировой войны. Размах крыла 25,0 м, длина 20,4 м, высота 6,5 м, масса пустого снаряжённого 9,4–10 т, взлётная масса 13,4–17,2 т, масса коммерческой нагрузки до 3,4 т.

По аэродинамической схеме Як-40 — классический моноплан-низкоплан с Т-образным оперением и тремя двигателями в хвосте. Первым в мире лайнером с реактивными двигателями в хвосте стала знаменитая в своё время французская «Каравелла». Схема «Каравеллы» сразу же приглянулась советским конструкторам. При таком размещении моторов их воздухозаборники максимально удалены от земли, что предотвращает попадание в них посторонних предметов. Впрочем, при опытной эксплуатации Як-40 были случаи попадания камней из-под переднего колеса в воздухозаборник верхнего двигателя (!), из-за чего на переднюю стойку даже ставили специальный щиток.

Схема с двигателями в хвосте считается самой «чистой» с точки зрения аэродинамики, однако обратная сторона — перегруз хвоста, а следовательно, и всего самолёта в целом. Выбор данной схемы диктовался условиями базирования на грунтовых аэродромах. Надо сказать, что при разработке Як-40 по-видимому, впервые в мире реактивный, достаточно скоростной и тяжёлый лайнер рассчитывался на условия эксплуатации с грунтовых взлётно-посадочных полос. Советские самолёты вообще тем и отличались от западных, что могли безаварийно приземлиться на грунт, но только для Як-40 это было не редким чрезвычайным происшествием, а обычным условием эксплуатации.

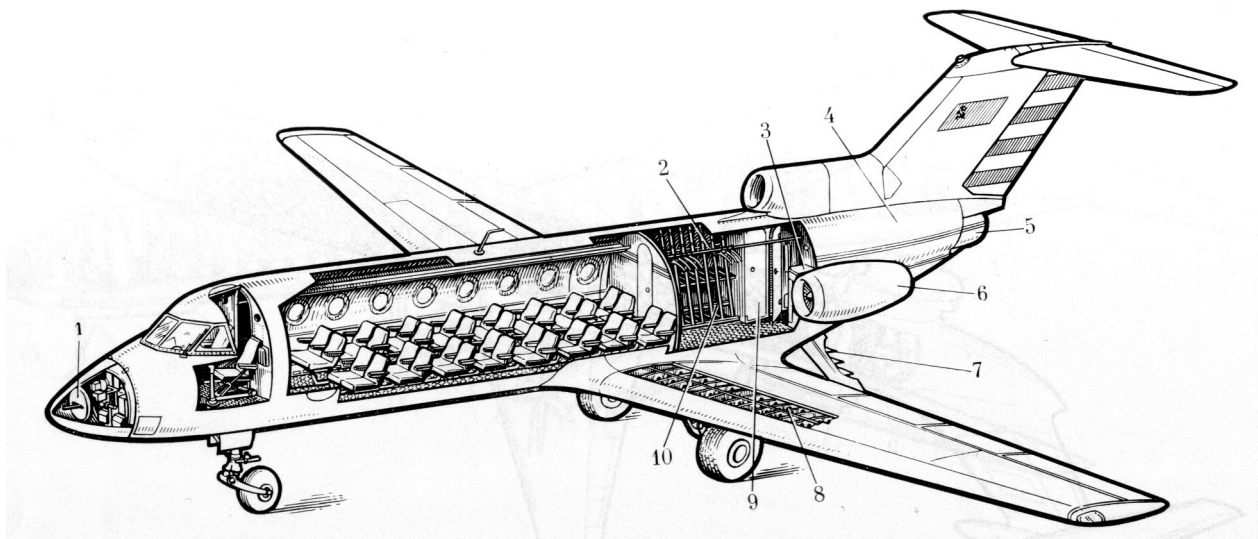


Рис. 2. Самолёт Як-40:

- 1 — отсек радиолокатора; 2 — гардероб; 3 — входная дверь; 4 — хвостовой отсек с центральным двигателем;
 5 — створки реверса центрального двигателя; 6 — боковой двигатель; 7 — входной трап;
 8 — кессон-бак крыла; 9 — туалет; 10 — багажное отделение

Основные материалы конструкции планера — дюралюминий типа Д16Т, Д16М, стали типа 30ХГСА (последние — например, полки лонжеронов крыла).

Фюзеляж самолёта круглого сечения, в хвосте, т. е. с 33 шпангоута — переход на эллипс. Диаметр цилиндрической части фюзеляжа — 2,4 м. Силовая схема фюзеляжа — полумонокок, то есть имеется силовой каркас, состоящий из 50 поперечных шпангоутов, а также продольных стрингеров, балок, лонжеронов, (последние два для усиления контуров под вырезы и люки) с прикрепленной к ним работающей обшивкой из листового дюралюминия толщиной 1–1,8 мм. Из набора шпангоутов 11 — силовые, они окаймляют места навески радара, носовой стойки шасси, двигателей, вертикального оперения, трапа, створок реверса, разъемов фюзеляжа, мест навески крыла. Фюзеляж делится на три части технологическими разрезами. Две части из трёх — кабина пилотов и пассажирская кабина вместе образуют замкнутый герметичный объём. Основной вход в гермокабину сзади, через откидывающийся трап и герметичную дверь, которая открывается внутрь самолёта. Имеется запасной выход через дверь слева по полёту, сразу за кабиной пилотов. Эта дверь также открывается внутрь. Есть и три аварийных выхода. В кабине пилотов тоже есть аварийный люк в потолке. Остекление кабины пилотов состоит из семи стёкол, пять из которых органические, а два — те, что находятся напротив пилотских кресел — силикатные, толщиной по 25 мм, с электрообогревом. На грузовых и смешанных вариантах самолёта слева по полёту в передней части фюзеляжа сделаны грузовые герметичные люки. По каждому борту пассажирских вариантов самолёта по 8 или по 9 (в зависимости от варианта) иллюминаторов. Завершается фюзеляж стальными выдвижными створками реверса центрального двигателя. В литературе специально отмечается, что принадлежность системы реверса к планеру самолёта, а не к двигателям позволяет легко менять двигатели в эксплуатации.

Крыло большой площади (70 м²) и большого удлинения. На современный взгляд оно даже и слишком велико для такой машины. Однако выбор размерности крыла, как и в случае с общей схемой самолёта, подчинялся необходимости эксплуатации на местных авиалиниях СССР, а эти условия требовали, кроме прочего, минимизации работ по техобслуживанию. То есть большое крыло с минимально возможной механизацией было лучше любого другого.



Рис. 3. Як-40 в Шереметьево на стоянке

Полы в кабине либо дюралюминиевые (в кабине пилотов, над вырезом для крепления крыла) либо трехслойные, текстолитовые, с гофрированным наполнителем. По шпангоуту №8 — стенка, отделяющая пилотскую кабину от пассажирской, с дверью.

Аэродинамически крыло составлено из двух профилей, то есть имеет место аэродинамическая крутка. Профили крыла ламинаризованные (значит с максимально возможным гладким обтеканием, аппроксимированные на полёт с высокой крейсерской скоростью именно для данной машины). В корне крыла профиль С9-С относительной толщины 15 %. Начиная с нервюры № 5 идёт профиль КВ-4 переменной относительной толщины — от 13 % до 10 %. Аэродинамическая крутка, по-видимому, выбрана с расчётом на то, что могущий возникнуть в реальном полёте при повышении угла атаки срыв потока с верхней поверхности крыла по возможности не распространялся бы на зону элеронов. На режимах взлёта и посадки подъёмная сила увеличивается за счёт выдвижных однощелевых трёхсекционных закрылков. Закрылки разбиты на секции для предотвращения заклинивания от изгиба крыла и перемещаются по направляющим, расположенным на нервюрах и подобным тем, которые имеются, например, в письменных столах. Для управления по крену имеются двухсекционные элероны.

Конструктивно крыло состоит из двух полукрыльев, обычного центроплана на Як-40 нет. Каждое полукрыло оформлено верхней и нижней прессованными дюралевыми панелями, передней продольной стенкой, двумя лонжеронами. Поперечный силовой набор крыла состоит из тридцати четырёх нервюр. Носок крыла выгнут в вид двойной обшивки из листового дюрала. Между листами может подаваться горячий воз-

дух от компрессора двигателя для борьбы с обледенением. Пространство между передней стенкой и задним лонжероном за исключением вырезов под шасси занимает кессон-бак. Между передним лонжероном и стенкой, закрепленной у нервюры №4, навешиваются основные стойки шасси. По заднему лонжерону проходят торсионная проводка управления закрылками и тросовая проводка управления элеронами.

Крепление полукрыльев друг к другу осуществляется посредством болтов и гаек по разьемам, выполненным в виде гребёнок. Болтами же крыло крепится и к фюзеляжу, а именно к силовым шпангоутам №№ 24, 26, 28 с использованием переходников-башмаков.

Таким образом, из аэродинамического и конструктивного описания можно видеть, что крыло скоростное, чистое с аэродинамической точки зрения, с запасами по части прочности и по части создания дополнительной подъёмной силы (из-за достаточной относительной толщины), не склонное к образованию вредных вихревых перетеканий и срывов потока, но великоватое и тяжеловатое.

Оперение вследствие применения большого крыла и вследствие небольшого плеча от центра тяжести до стабилизатора и до руля направления тоже переразмерено и, соответственно, перетяжено. На последующем самолёте этого же КБ, на Як-42, для уменьшения размеров и массы оперения был применён обратный профиль стабилизатора, существенно увеличивший управляющий балансировочный момент. Но на Як-40 профиль стабилизатора симметричный и, следовательно, относительная масса его выше.

Шасси самолёта оснащено крупными пневматиками (основные стойки — колёсами диаметром 1120 мм, передняя — диаметром 720 мм). Стойки шасси имеют амортизацию с большими ходами. Всё это повышает проходимость, но повышается и удельная масса конструкции. Носовым колесом можно управлять при помощи гидропривода.

Система управления самолётом безбустерная и включает в себя механизмы управления рулём поворота, управления рулём высоты, управления элеронами, механизм перестановки стабилизатора, механизм управления закрылками, электромеханизмы управления триммерами элеронов и руля поворота, механизмы стопорения управления элеронами, руля высоты, руля направления.

В каналах управления рулевыми поверхностями использована тросово-тяговая проводка. В канале управления закрылками приводом служит гидромотор, вращающийся через раздаточный

и угловые редукторы винтовые пары, непосредственно связанные с закрылками. Закрылки выпускаются на взлёте на 20 град., на посадке — на 35 град. В систему управления включён автопилот АП-40 с исполнительными электромеханизмами по всем каналам.

Двигатели самолёта АИ-25 производства Запорожского моторного завода. Максимальная тяга 1500 кг, номинальная 1100 кг. Двигатели двухконтурные, степень двухконтурности (отношение объёма воздуха, проходящая через первую ступень компрессора — вентилятор к объёму воздуха, проходящего через турбину) небольшая и равна двум. Для сравнения: на конец 60-х гг. на Западе уже использовались двигатели с двухконтурностью 5 и 6. Двигатели АИ-25 были хорошо освоены в производстве, надёжные, с достаточным запасом мощности. Однако все западные специалисты, видевшие самолёт, не забывали упомянуть дымный след, оставляемый Як-40 на взлёте, следствие неполного сгорания топлива, что, конечно, свидетельствовало о неэкономичности.



Рис. 4. Як-40 на взлёте. Виден дымный след за двигателями

Следует отметить такой момент. Место крепления крыла и фюзеляжа на Як-40 оформлено как «обратный горб». Пневматики основных стоек шасси после их уборки также немного выступают за обводы крыла. Всё это тоже призвано повысить безопасность эксплуатации. Были случаи посадки самолёта «на брюхо», при которых колёса основных стоек, конечно же, разломачивались, кроме того, стиралась довольно толстая накладная, закрывающая собой стыковочные гребёнки крыла, но остальные повреждения машины были минимальны. Приехавшая бригада полевого ремонта поднимала самолёт, производила нивелировку, меняла пневматики и упомянутую выше накладку, производила осмотр, после чего самолёт своим ходом отправлялся на ремонтное предприятие, а после ремонта эксплуатация его продолжалась.



Рис. 5. Як-40 авиакомпании «Алдан»
сел на брюхо в Сибири

И последнее к этому разделу. Внешний вид самолёта был вполне презентабельным и запоминающимся, соответствовал канонам минималистического или брутального, дизайнерского и художественного стиля 60-х гг., когда в моду вошло «мини». В этом же стиле, к примеру, создан образ автомобиля «Жигули – копейки». Внутренний вид салона тоже навевал праздничное, весёлое настроение, хотя сама пассажирская кабина и была несколько кукольной, тесноватой, даже для автора этих строк, человека невысокого. Впрочем, поскольку полёт длился, как правило, недолго, пассажиры не успевали устать от тесноты, от невозможности вытянуть ноги. Автор даже встречал Як-40 в учебниках для студентов художественных училищ в качестве примера успешного решения задачи соединения запоминающегося образа с функциональностью.

Привлекательный внешний вид, несомненно, сыграл свою положительную роль на зарубежных выставках, без него, наверное, внимание к этой машине было бы объективно меньшим. В этом, надо думать, заслуга не только штатных дизайнеров КБ, но и самого А.С. Яковлева, человека, развитого эстетически и, между прочим, очень недурного рисовальщика. В самолете Як-40 ещё раз проявился фирменный стиль этого КБ: сочетание эстетичных форм, хорошей динамики и аэродинамики, прочности, лёгкости в управлении и обслуживании с некоторой внутренней дубоватостью. Однако даже эту «дубоватость» нельзя поставить в вину конструкторам: самолёта подобного типа в мире просто не было, они отталкивались от показателей американского Дугласа-«Дакоты» и советского Ил-14.

А теперь немного истории

Итак, в 1967 гг. Як-40 был показан на авиационном празднике в Тушине и на салоне в Ле-Бурже и сразу же обратил на себя внимание как советской,

так иностранной публики. Появились первые коммерческие предложения. Однако для западного перевозчика невозможно приобрести несертифицированную машину. А для советского производителя сертификация — бесполезное и бессмысленное занятие, ибо и производитель, и эксплуатант, и надзорный орган в СССР — это государственные организации. Поэтому продвижение машины на зарубежные рынки напоминало долгую и запутанную эпопею, где блестящие демонстрации чередовались с бюрократической волокитой. Назначенному с момента запуска самолёта в серийное производство Главным конструктором А.А. Левинских пришлось немало потрудиться, чтобы желание купить с одной стороны и желание продать с другой хоть как-то соединились.

Итак, первой капиталистической страной, получившей Як-40, была Италия. Для проведения сертификации под итальянские требования там пришлось создать фирму со смешанным советско-итальянским капиталом. Смешанный экипаж в рамках мероприятий по сертификации «ударил автопробегом по бездорожью», устроил показательный перелёт из Флоренции в Сидней и обратно с промежуточными посадками в Югославии, Ираке, Пакистане, Индии, Бирме. Ещё один самолёт в это же время совершал демонстрационный тур по Северной Европе, третий по Америке с перелётами от Сантьяго до Аляски и назад в Москву. Экипажи трёх машин налетали без поломок и сколько-нибудь значительных лётных происшествий около полумиллиона километров. Была получена хорошая пресса. Был и интерес разных авиаперевозчиков. Но было и политическое давление — как же без него.

Итальянский сертификат соответствия был получен только в 1972 г. В том же году был получен и сертификат ФРГ с использованием такой же, как и в Италии, совместной фирмы. И итальянская, и германская фирмы, по-видимому, создавались только с прицелом на получение сертификатов, коммерческих успехов не снискали, через некоторое время закрылись. «Немецкие» Яки вернулись домой, «итальянские» ещё долго кочевали по Аппенинскому полуострову, переходя от одного владельца к другому. Даже и в самом конце 90-х гг. прошлого века на Минский авиаремонтный завод приходил запрос на полевой ремонт одного Яка, поврежденного в эксплуатации в Италии. Запрос вызвал некоторое оживление в инженерной среде, но дело, похоже, закончилось посылкой чертежей эксплуатанту на установку накладок.

ПРОДОЛЖЕНИЕ СЛЕДУЕТ