

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 2 (59)
апрель – июнь
2013

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

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

Главный редактор академик С.А. Астапчик

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

Адрес редакции:

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

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс 00139

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 05.06.2013.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 250 экз. Заказ № 225.

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ГНУ «Физико-техническом институте НАН Беларуси». Лицензия ЛП № 02330/0494176 от 3.04.2009 г. 220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

СОДЕРЖАНИЕ

Выставка

XIV международная специализированная выставка «ЛЕСДРЕВТЕХ».....2

Юбилей

На главном направлении.....8

Разработки ученых и специалистов

Развитие технологии электронагрева токами высокой частоты На Минском тракторном заводе.....15

Система автоматического управления беспилотного летательного аппарата.....33

Патентуем сами

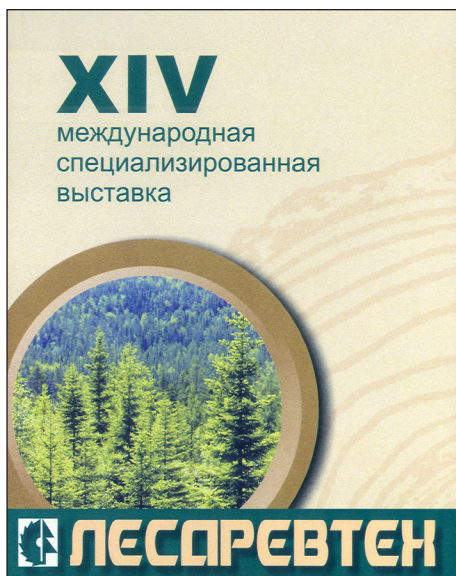
Тренажеры с пневматическим приводом.....39

Страницы истории

Страницы истории отечественной войны: Бобруйская крепость.....41

Из истории авиации

Эмиграция (часть четвертая).....44



Уважаемые коллеги, участники выставки!

От имени работников лесного хозяйства Беларуси и себя лично приветствую организаторов, участников и гостей XIV Международной специализированной выставки «Лесдревтех-2013».

Ключевое место среди природных богатств Беларуси занимают леса, которые являются уникальным возобновляемым ресурсом. Состояние этого природного богатства волнует каждого из нас. Роль леса как важнейшего условия существования человечества, его экологической безопасности возрастает во всем мире. Это требует от всех лесоводов четких подходов к

лесоуправлению и лесопользованию.

Сегодня в Беларуси почти 40 % территории заняты лесами, запас древесины на корню оценивается в 1,6 млрд куб. м. Ежегодный прирост составляет более 31 млн куб. м древесины. На одного жителя нашей республики приходится более 170 куб. м древесного запаса и 0,86 га покрытых лесом земель. В Беларуси одновременно с увеличением общей площади лесного фонда наблюдается и устойчивый рост площадей приспевающих, спелых и перестойных насаждений. За двадцатилетний период площадь спелых древостоев увеличилась более чем в два раза. За последние 60 лет лесистость республики увеличилась почти вдвое и достигла максимального значения за более чем столетний период (1901 год — 37,6 %). В результате планового регулирования объемов рубок леса, в первую очередь, рубок главного пользования, общий запас насаждений увеличился в 1,6 раза, запасы спелой древесины составили 202 млн куб. м. Если в 1989 году доля спелых лесов составляла всего 2,3 %, то сегодня уже 11 %.

На современном этапе лесное хозяйство Беларуси — это комплексная, многофункциональная отрасль народного хозяйства республики, первоочередной задачей которой является повышение эффективности лесохозяйственного производства.

В лесное хозяйство республики активно внедряются новые методы и технологии производства. Благодаря существенному вкладу ученых в развитие отрасли, лесное хозяйство является одной из динамично развивающихся отраслей республики. По уровню ведения лесного хозяйства Беларусь находится в первых рядах среди европейских стран.

Важными составляющими успеха являются информационная и консультативная поддержка научно-технической и инновационной деятельности, содействие разработке и внедрению новых методов, машин и технологий в производство. Именно такие цели преследует специализированная выставка «Лесдревтех», на которой представлен весь лесной сектор — от семени до готового изделия. Здесь собрались организации Министерства лесного хозяйства, производители лесозаготовительной и деревообрабатывающей техники, ведущие ученые в области лесного хозяйства и отраслей лесопромышленного комплекса и многие другие.

Выставка служит хорошей площадкой для обмена мнениями, идеями, установления новых контактов для большой совместной работы по укреплению ресурсного потенциала лесов страны, повышению эффективности всего лесохозяйственного комплекса республики.

Желаю специализированной выставке «Лесдревтех» плодотворной работы и дальнейшего процветания, а ее посетителям удачных приобретений и отличного настроения!

*Министр лесного хозяйства
Республики Беларусь*

М.М. Амелянович

ЛЕСНОЙ ФОНД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Лес — один из важнейших природных ресурсов Республики Беларусь. За последние 60 лет лесистость республики увеличилась почти вдвое и в настоящее время продолжает расти. Лесной фонд Беларуси насчитывает более 9,4 млн га, лесистость территории 39 %. Запас древесины на корню оценивается в 1,6 млрд кубических метров. Ежегодный прирост составляет более 30 млн куб. м древесины. На одного жителя республики приходится 0,86 га покрытых лесом земель и более 170 куб. м древесного запаса, что в 2 раза выше средневропейского уровня.

В Беларуси одновременно с увеличением общей площади лесного фонда наблюдается и устойчивый рост площадей приспевающих, спелых и перестойных насаждений. За двадцатилетний период площадь спелых древостоев увеличилась более чем в два раза.

В результате планового регулирования объемов рубок леса, в первую очередь, рубок главного пользования, общий запас насаждений увеличился в 1,6 раза, запасы спелой древесины составили 202 млн куб. м. Если в 1989 году доля спелых лесов составляла всего 2,3 %, то сегодня уже 11 %.

Благодаря целенаправленной деятельности лесоводов происходит и качественное улучшение состояния лесного фонда. В лесах Министерства лесного хозяйства стабильно возрастает объем лесных культур, созданных селекционным посевным и посадочным материалом. Если в 2006 году их доля составляла всего 11 %, то сейчас — 37,8 %.

ОХРАНА И ЗАЩИТА ЛЕСА

Охрана лесов от пожаров — одна из важнейших задач, стоящих перед лесным хозяйством республики. Для организации предотвращения, обнаружения и ликвидации лесных пожаров в системе Минлесхоза функционирует государственная лесная охрана общей численностью 13,8 тыс. человек.

Для тушения пожаров в государственных лесохозяйственных учреждениях создано 242 пожарно-химических станций, 650 пункт противопожарного инвентаря, которые оснащены необходимыми средствами пожаротушения. Кроме того, имеется 176 систем видеонаблюдения для раннего обнаружения лесных пожаров и мониторинга прилегающих территорий. В целях сокращения горимости лесов в системе Министерства лесного хозяйства ежегодно осуществляется комплекс профилактических и оперативных мероприятий.

В 2012 году в лесхозах активно велись работы по доукомплектованию пожарно-химических

станций и пунктов противопожарного инвентаря, противопожарному обустройству лесного фонда. В боевую готовность приводились всеимеющиеся на вооружении средства пожаротушения, приобретались новые. Значительные работы проведены по строительству и ремонту лесохозяйственных дорог, ведь они имеют важнейшее значение в борьбе с пожарами. Специальную подготовку проходили подразделения гослесохраны, велось обучение пожарных бригад, в каждой области прошли смотры государственной лесной охраны, на которых оценивалась ее готовность к пожароопасному сезону.

ВОСПРОИЗВОДСТВО ЛЕСОВ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

В системе Министерства лесного хозяйства выстроена и успешно функционирует система лесоразведения и лесовосстановления. В отрасли созданы все условия для выращивания здоровых, качественных лесов. Внедрена и функционирует передовая технология по переработке лесосеменного сырья и хранению лесных семян, которая дает возможность получать высококачественный семенной материал и обеспечивать его полноценное, длительное хранение.

Успешному решению задач по улучшению структуры лесного фонда, повышению продуктивности и устойчивости лесов способствует создание постоянной лесосеменной базы. В отрасли проведена селекционная оценка лесов, из которых выделено около 1178 га плюсовых насаждений, обладающих улучшенными наследственными качествами. Также специально создано 1789 га лесосеменных плантаций и сформировано 262,7 га постоянных лесосеменных участков, на которых будут собираться лучшие семена для создания новых лесов.

Использование селекционно-улучшенного материала при воспроизводстве леса обеспечит в будущем повышение продуктивности спелых насаждений на 10–15 %. На каждом гектаре создаваемых селекционным материалом лесных культур будет получено дополнительно, в зависимости от древесных пород, от 15 до 30 куб. м древесины.

В настоящее время в системе Минлесхоза для выращивания стандартного посадочного материала функционирует 65 постоянных и 42 временных лесных питомников общей площадью более 1,2 тыс. га. В 2012 году в них выращено более 310,4 млн шт. стандартного посадочного материала. В целом в лесных питомниках отрасли выращивается более 200 видов и форм древесно-кустарниковых растений, в том числе исполь-

зуемых для целей озеленения и благоустройства населенных пунктов.

Все активнее развивается такое направление, как выращивание декоративного посадочного материала. Если в 2010 году объемы его выращивания составляли 2 млн шт., то уже к концу 2012 года они достигли 3,3 млн шт.

ЛЕСНАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ

Лесная сертификация — одно из направлений деятельности Министерства лесного хозяйства, которое способствует обеспечению продуктивности и устойчивости древостоев, повышению биологического разнообразия в лесах, минимизации отрицательного воздействия лесохозяйственного производства на окружающую среду, повышению экспортного потенциала лесной отрасли, снятию технических барьеров в международной торговле.

Лесная сертификация осуществляется в соответствии с требованиями международной схемы Лесного попечительского совета FSC и в рамках Системы лесной сертификации Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь признанной Общеввропейским советом по лесной сертификации (PEFC).

В 2011 году Система лесной сертификации Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь аккредитована на соответствие требованиям Совета PEFC в части сертификации лесной продукции и продуктов ее переработки по признаку происхождения. Всего по схеме PEFC уже сертифицированы 94 лесхоза.

На соответствие требованиям стандартов FSC сертификаты имеют 65 лесхозов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Реализуя на практике принципы устойчивого лесопользования и лесосоуправления, лесное хозяйство обеспечивает не только постоянное лесопользование в пределах ежегодного прироста древесины, но и экономическую безопасность государства, стабильность функционирования народного хозяйства.

Лесопользование составляет экономическую основу ведения лесного хозяйства и определяет уровень его интенсивности. Оно представлено различными видами пользования с преобладанием заготовки древесины.

Заготовка древесины осуществляется при рубках главного и промежуточного пользования — рубки ухода за лесом, выборочные санитарные рубки и рубки реконструкции. Проводятся также рубки обновления и формирования (переформирования) насаждений, санитарные рубки, уборка захламленности, расчистка лесных площадей для

строительства трубопроводов, дорог, линий электропередачи и связи, других объектов.

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Из всех видов рубок лесхозами отрасли заготовлено более 10,1 млн куб. м ликвидной древесины и 4,7 млн куб. м древесного топлива.

В 2012 году лесхозы активно занимались переоснащением лесозаготовительной отрасли. Приобретено 71 харвестера, 54 форвардеров, 71 сортиментовоз, 90 машины погрузочно-транспортные и прочей лесозаготовительной техники. Таким образом, на начало 2013 года в системе Минлесхоза имелось 139 харвестеров, 170 форвардеров, 450 сортиментовозов и более 1000 машин погрузочно-транспортных.

Объем заготовки древесины харвестерами составил 1,9 млн куб. м. Это в полтора раза больше показателей 2011 года, и 18,8 % от общего объема заготовки древесины по всем видам рубок.

ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Лесохозяйственные организации Минлесхоза активно занимаются первичным лесопилением и производством древесного топлива. В настоящее время в отрасли функционирует 71 лесопильно-деревообрабатывающий цех. За 2012 год они переработали 1,8 млн куб. м древесины (122,5 % к 2011 году), произвели 539,5 тыс. куб. м пилопродукции. На 51,5 % в цехах возросла доля выпуска высушенных материалов.

Продукция деревообрабатывающих цехов лесхозов успешно реализуется внутри республики и за рубежом.

В 2012 году в лесхозах отрасли реализовано 24 проекта, направленных на повышение эффективности работы деревообрабатывающих цехов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ И ПРОИЗВОДСТВО МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Начиная с 2007 года, организации Министерства лесного хозяйства приступили к выпуску различных видов древесного топлива. За 2007–2012 годы создано 45 производств по изготовлению древесной топливной щепы суммарной мощностью более 1 млн куб. м в год. К концу 2015 года в отрасли будет функционировать порядка 70 таких производств. Они смогут ежегодно производить 1,5 млн кубометров щепы.

В пяти лесхозах функционируют пеллетные производства, которые ежемесячно выпускают порядка 400 тонн пеллет. Еще в шести лесхозах освоен выпуск топливных брикетов. В Березинском и Бельничском лесхозах произво-

дят древесный уголь. В десяти лесхозах производят дрова колотые.

Кроме того, лесхозами из всех видов рубок подготовлено 4,7 млн куб. м древесного топлива и щепы.

ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Лесные ресурсы — стабильный источник валютных поступлений. В 2012 году организациями Минлесхоза экспортировано лесопродукции и оказано услуг на 111,6 млн долл. США. Положительное внешнеторговое сальдо составило 104 млн долл. США.

На зарубежные рынки поставлено 1,9 млн куб. м круглых лесоматериалов, 191,8 тыс. куб. м пиломатериалов. Лесопродукция и услуги экспортировались в 24 страны.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРОСТЕПЕННЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА

Наряду с проведением лесохозяйственных и лесозаготовительных работ в целях рационального и эффективного использования лесосырьевых ресурсов организации Министерства лесного хозяйства осуществляют заготовку второстепенных лесных ресурсов и живицы.

В 2012 году организации Минлесхоза в 1,7 раза увеличили объемы заготовки продукции побочного лесопользования. От ее реализации получено 25,6 млрд рублей дохода. Реализовано 26,6 тыс. тонны березового сока — на 1,4 тыс. больше уровня 2011 года, получено 73,1 тонн меда — в 1,2 раза больше. Подросли объемы и по другим видам продукции побочного пользования. Лесхозами заготавливаются дикорастущие плоды и ягоды, грибы, лекарственное сырье, новогодние деревья, банные веники, метлы хозяйственные и прочая продукция.

ОХОТОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РЕКРЕАЦИЯ

Ведение охотничьего хозяйства

Площадь охотничьих угодий в Республике Беларусь составляет 16,7 млн га. Зарегистрировано 257 охотничьих хозяйств.

Указом Президента Республики Беларусь на Министерство лесного хозяйства возложены функции государственного управления охотничьим хозяйством на территории Республики, а также другие полномочия в проведении единой государственной политики в области ведения охотничьего хозяйства.

Традиционно в Беларуси проводится весенняя и летне-осенняя охота на пернатую дичь, охота на копытных, осенне-зимняя охота на пушных зверей. Охота разрешена на 53 вида диких живот-

ных, в том числе на 22 вида млекопитающих и 31 — птицы.

В системе Минлесхоза функционирует 79 лесохозяйственных хозяйств на общей площади 3,4 млн га.

В настоящее время в лесохозяйственных хозяйствах Минлесхоза для приема охотников имеется 85 полностью благоустроенных домов охотника. Выполнение мероприятий по развитию инфраструктуры охотничьих хозяйств позволило существенно увеличить доходы охотничьего туризма (в том числе от иностранного).

В 2012 году возросла численность основных видов охотничьих животных. Лося насчитывается 6 тыс. особей, оленя — 2,6 тыс., косули — 20,2 тыс. и кабана — 19 тыс. особей.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ

Для жителей республики лес — излюбленное место отдыха, где можно собирать грибы, ягоды, охотиться или просто прогуливаться, дыша свежим лесным воздухом.

В лесах нашей республики обитает множество различных животных. Это зубры и медведи, лоси и олени, косули, кабаны, рыси, зайцы и многие-многие другие. Разнообразен и мир пернатых. В белорусских лесах встречаются тетерева, глухари, кабанки, осоеды, змеяеды, беркуты и прочие птицы.

Благодаря своей красоте и первозданности леса в Беларуси являются привлекательным местом отдыха для населения. Рекреационное лесопользование становится в ряд весьма значимых, прежде всего в социальном смысле, видов деятельности лесного хозяйства.

Министерство лесного хозяйства принимает участие в реализации Национальной программы развития туризма в Республике Беларусь.

В лесхозах с каждым годом идет увеличение мероприятий, направленных на развитие экологического туризма. В настоящее время он приобретает все большую популярность. Во многих хозяйствах имеются объекты туристического показа: вольеры с дикими животными, экологические тропы, музеи природы, организуются зоны отдыха возле водоемов, вдоль автомобильных дорог.

Предлагаемые лесхозами экологические туры могут быть организованы для однодневного или многодневного отдыха туристов, с программой проживания в одном доме охотника или в нескольких. Возможна также организация многодневного тура с посещением нескольких хозяйств.

К концу 2015 года лесхозы расширят сеть дендропарков в целях экологического просвещения населения. Будет создано 50 таких объектов общей площадью не менее 135 гектаров.

ЛЕСНЫЕ МАШИНЫ ОАО «АМКОДОР»

Из журнала «Деловой лес» № 4 (148) апрель 2013 г.

ОАО «Амкодор» — управляющая компания холдинга сегодня — это крупнейшее предприятие, объединяющее более десяти машиностроительных предприятий и заводов в Беларуси и России.

На предприятиях холдинга трудится свыше пяти тысяч человек. ОАО «Амкодор» — управляющая компания холдинга является одним из крупнейших производителей лесозаготовительной, дорожно-строительной, коммунальной, снегоуборочной, сельскохозяйственной и другой специальной техники в СНГ и Европе. ОАО «Амкодор» — управляющая компания холдинга выпускает более 80 моделей и модификаций машин — харвестеры, форвардеры, трелевщики, лесопогрузчики, погрузчики одноковшовые фронтальные, с телескопической стрелой, погрузчики с бортовым поворотом, авто- и электропогрузчики вилочные, машины аэродромные уборочные, снегоочистители и траншеекопатели, бульдозеры-погрузчики и экскаваторы-погрузчики, фрезерные и бурильно-крановые машины, зерноочистительно-сушильные комплексы, бытовой электротехники. Выпускаемые машины эксплуатируются более чем в 30 странах мира. Предприятиями общества на современном высокоточном оборудовании ежегодно выпускается более 5000 единиц специальной техники.

На ОАО «Амкодор» — управляющая компания холдинга произведено порядка 500 лесных машин, призванных максимально механизировать работы на лесоразработках и значительно повысить производительность труда. Эти машины предназначены для промышленной заготовки древесины по сортиментной и хлыстовой технологии, рубок ухода, производства и погрузки щепы, работы на верхнем и нижнем складе. Современный дизайн машин отличается композиционной целостностью, функциональной целесообразностью формы и товарным видом удовлетворяющим требованиям технической эстетики.

Самая энергонасыщенная машина — это колесный, повышенной проходимости харвестер АМКОДОР 2551 с гидростатической трансмиссией DANFOSS и колесной формулой 6х6, который предназначен для валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки на сортименты заданной длины.

Финская харвестерная головка Kesla 25RH позволяет выполнять рубку леса диаметром до 670 мм,

удалять сучья и раскряжевывать ствол на сортименты заранеезаданной длины с точностью +/- 2 см. Для тяжелых условий эксплуатации возможна комплектация харвестерной головкой Log Max 5000. Операционная система «MOTOMIT» с русифицированным меню упрощает проведение настроек функций машины и осуществление контроля за работой.

Стелящийся манипулятор KESLA Foresteri 1395H, с вылетом стрелы в 9,5 м и с углом поворота в 260° позволяет охватить работой большую площадь без перемещения машины. При сплошной рубке за 8 часовую смену харвестер заготавливает 300 м³ лесоматериалов, средняя производительность на спелом лесе 20–30 м³/ч. Расход топлива составляет 0,7–0,9 л/ м³ при объеме хлыста 0,4–0,5 м³.

Для рубок ухода незаменим харвестер АМКОДОР 2541 с колесной формулой 4х4, гидромеханической трансмиссией (ГМП) и харвестерной головкой Kesla 18RH, позволяющей рубить деревья до 520 мм. С 2012 года начат серийный выпуск этих харвестеров, в первую очередь для белорусских лесозаготовителей.

Наиболее массовый сегодня — это форвардер АМКОДОР 2661-01, который собирает сортименты, грузит их на свою платформу и отвозит к месту складирования, сортировки, или к лесовозным дорогам, откуда лесоматериалы будут транспортироваться дальше. Форвардер берет за один рейс 13–17 м³ древесины, длиной до 6,5 м. Развивая скорость до 30 км/ч и благодаря гидромеханической трансмиссии, он может перевозить лесоматериалы на значительные расстояния от места лесозаготовки.

Форвардеры оснащаются в базовой комплектации финскими манипуляторами KESLA Foresteri 600-1, 600T или 700T. Вылет стрел соответственно от 8,2 до 10,3 м и позволяет поднимать на максимальном вылете груз весом до 550 кг. Угол поворота манипулятора в 380° дает возможность охватить работой зону со всех сторон машины. При оформлении заказа предлагается более десятка опций дополнительной комплектации этих машин.

Дорожный просвет в 600 мм обеспечивает высокую проходимость форвардера. Колесная формула 6х6 и блокируемый дифференциал заднего моста,

производства немецкой фирмы NAF, значительно повышают тягово-динамические показатели и проходимость машины в плохих дорожных условиях, на мягких и разнородных грунтах. Эксплуатация показала, что форвардер эффективно работает как на твердом грунте, так и в болотистой местности. Производительность форвардера при расстоянии трелевки 300 м составляет 20 м³/ч, расход дизтоплива 0,5–0,6 л/м³.

Для хлыстовой технологии разработаны на одной базе две модели машин: бесчokerной тягач с гидроманипулятором и вспомогательной лебедкой — АМКОДОР 2243, для чокерной трелевки — АМКОДОР 2243В и его модификации. Все они предназначены для трелевки деревьев и хлыстов, а также для выполнения вспомогательных работ на лесосеке: подготовки погрузочных площадок, штабелирования хлыстов, выравнивания комлей. Уже разработана и прошла испытания более скоростная лебедка с функцией холостого хода барабана.

Тягач трелевочный с манипулятором АМКОДОР 2243 оснащен финским манипулятором KESLA Foresteri R700, клещевым захватом с зевом 1 м² на задней полураме и однобарабанной реверсивной лебедкой канатоемкостью 50 м. Кроме того, у тягача есть опускаемые щит и отвал, с помощью которых он может производить работы по расчистке площадок под штабелирование сортиментов. Объем трелеваемой пачки тягачами всех модификаций может достигать 10 м³. Тяга машины — 12,5 т, лебедки — 7 т. По производительности тягачи превосходят гусеничные аналоги за счет большей маневренности и скорости холостого хода машины, им не требуется чокеровщик и они могут безопасно работать в ночное время.

Тягач трелевочный АМКОДОР 2243В и 2242 (с 2012 года) оснащен однобарабанной реверсивной лебедкой канатоемкостью 50 м и тягой 7 т, (с 2012 года) холостым ходом барабана и скоростью до 50 м/мин. Кроме того, у тягача есть опускаемые щит и отвал, с помощью которых он может производить работы по расчистке площадок и штабелированию сортиментов. Объем трелеваемой пачки тягачами может достигать 8 м³. Тяга машины — 12,5 т. По производительности тягачи превосходят гусеничные аналоги за счет большей маневренности и скорости холостого хода машины. Одна бригада с таким тягачом при ручной валке в среднем заготавливает 2200–2600 м³ в месяц (Кировская обл.). В отличие от гусеничной техники колесные трелевщики более скоростные, обладают высокой проходимостью на заболоченных участках и меньше разрушают почвенный покров, что обеспечивает их круглогодичное использование. К месту работ они могут добираться своим

ходом, тогда как гусеничную технику необходимо перевозить на трале.

Лесопогрузчики фронтальные АМКОДОР 352Л (удлиненная стрела) и их модификации 352Л-01 (стандартная стрела), 352Л-02 (широкая шина 30.5L-32) грузоподъемностью 4,5–5 т предназначены для погрузки круглых лесоматериалов, технологической щепы, торфа и более плотных сыпучих материалов в автомобили, полувагоны и в штабеля, а также для строительно-дорожных работ. С лесопогрузчиком могут использоваться такие быстросменные рабочие органы как ковш основной объемом до 2,3 м³; ковш объемом 1,9 м³; грейфер арочный; ковш для щепы объемом 5 м³; лесозахваты — 5 модификаций; стрела крановая; вилы грузовые; отвал для снега; щетка поворотная; отвал бульдозерный и другие. Благодаря гидравлическому адаптеру для быстрой смены рабочих органов оператор не выходя из кабины за одну минуту меняет рабочий орган, погрузчик может выполнять широкий спектр работ не только в лесном, но и в других сферах народного хозяйства. Отличительными особенностями от строительно-дорожного погрузчика являются удлиненная усиленная стрела (352Л), более широкая шина (352Л-02), защита снизу ведущих мостов, гидромеханической трансмиссии и топливного бака, кабины, дополнительные фары на крыше кабины.

Сегодня уже выпускается лесопогрузчик фронтальный АМКОДОР 371 грузоподъемностью 7 т.

С 2012 года начат выпуск универсального форвардерного шасси, которое с помощью подъемной системы «мультилифт» позволяет поочередно устанавливать несколько технологических автономных модулей: измельчительного, пожарного, грузового и других.

ОАО «Амкодор» расширяет линейку лесопромышленных машин, в 2012 году начат серийный выпуск более мощных моделей с горизонтально-вертикальным шарниром сочленения полурам: 14-тонный форвардер АМКОДОР 2662 (с колесной формулой 6х6) и его модификации, а для заболоченных и труднодоступных участков 15-тонный форвардер АМКОДОР 2682-01 (с колесной формулой 8х8, передним толкателем и повышенной тягой). В октябре-ноябре 2012 года нами поставлены первые такие машины в Тверскую и Московскую области.

Лесозаготовителям предлагается модификация универсального форвардера АМКОДОР 2661-02 оснащенного съемным клещевым зажимом для бесчokerной трелевки и передним толкателем, что позволяет использовать эту машину как для сортиментной, так и трелевочной технологии заготовки леса.

Из журнала «Наука и жизнь» № 1, 2013

НА ГЛАВНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Воспоминания ветерана атомной отрасли о встречах
с академиком И.В. Курчатовым и о том, как начинались работы
по овладению ядерной энергией

Доктор физико-математических наук Константин Мухин
(Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»)

(Окончание. Начало см. № 1 (58), 2013 г.)

Экспоненциальные опыты по определению критических размеров реактора и чистоты урановых блоков

Теорию экспоненциальных опытов разработал И.Я. Померанчук в январе 1944 года. Однако поставить их И.В. Курчатов и И.С. Панасюк смогли только через два года, когда в Лабораторию начал поступать металлический уран. Эксперимент проводили в два этапа. На первом в графитовой призме размером $100 \times 100 \times 350$ см измерили длину диффузии тепловых нейтронов ($L = 48 \pm 2$ см). На втором использовали бруски с цилиндрическими каналами, которые в разных вариантах эксперимента заполняли ураном полностью (800 кг) или наполовину (400 кг) либо вместо урана в них помещали эквивалентные по поглощению нейтронов алюминиевые цилиндры со смесью бора с парафином. По значениям длины диффузии, полученным в разных вариантах, теория И.Я. Померанчука с поправками В.С. Фурсова для «реактора» бесконечно больших размеров дала величину коэффициента размножения $k_{\infty} = 1,09 \pm 0,02$. Отсюда для критического радиуса реактора $R_{кр}$ (соответствующего коэффициенту размножения $k = 1$ для реальных размеров) получилось совсем небольшое значение $R_{кр} = 2,0$ м.

Эту оптимистическую величину $k_{\infty} \approx 1,09$ получили при использовании всего лишь 800 кг специально отобранного особо чистого урана, а для сооружения реактора требовалось его несколько десятков тонн. Поэтому оставалась весьма актуальной задача проверки качества вновь поступающих партий урана. Чтобы сделать ее

оперативной (не требующей полной замены всех 800 кг урана), использовали метод, аналогичный примененному для проверки качества графита. Сравнивали скорости счета нейтронов при замене в призме небольших (100–150 кг) партий урана — испытуемой и эталонной. Годными считались только партии, которые в пересчете на k_{∞} давали значения в пределах $1,0 \leq k_{\infty} \leq 1,09$. Кроме урана проверяли и его оксиды UO_2 и U_3O_8 .



И.В. Курчатов в рабочем кабинете.
Середина 1950-х годов

Конструкция реактора Ф-1 и особенности его запуска

Игорь Васильевич не стал дожидаться момента поступления достаточного количества урана требуемого качества и решил для сооружения первого физического реактора, названного Ф-1,

использовать весь запас незабракованного урана и графита. В этом случае оценка k_{∞} приводила к значению 1,04, а радиус реактора (с учетом графитового отражателя нейтронов толщиной 0,8 м) достигал 4,5 м. В итоге диаметр шаровидной установки становился 9 м, причем ниже полушарие требовалось достроить до цилиндра для устойчивости. Оказалось, что для сооружения реактора необходимо примерно 50 тонн урана и 500 тонн графита.

К июню 1946 года уже построили здание «К»¹ размером 15×40 м и высотой 8,5 м с бетонированным котлованом 10×10 м глубиной 7 м для размещения в нем самого реактора. Помещение для обслуживающего персонала также находилось ниже уровня земли и защищалось от радиации железобетонной стеной и 15-метровым слоем грунта. Попасть оттуда в котлован можно было только через зигзагообразный наклонный тоннель, непронускающий радиацию.

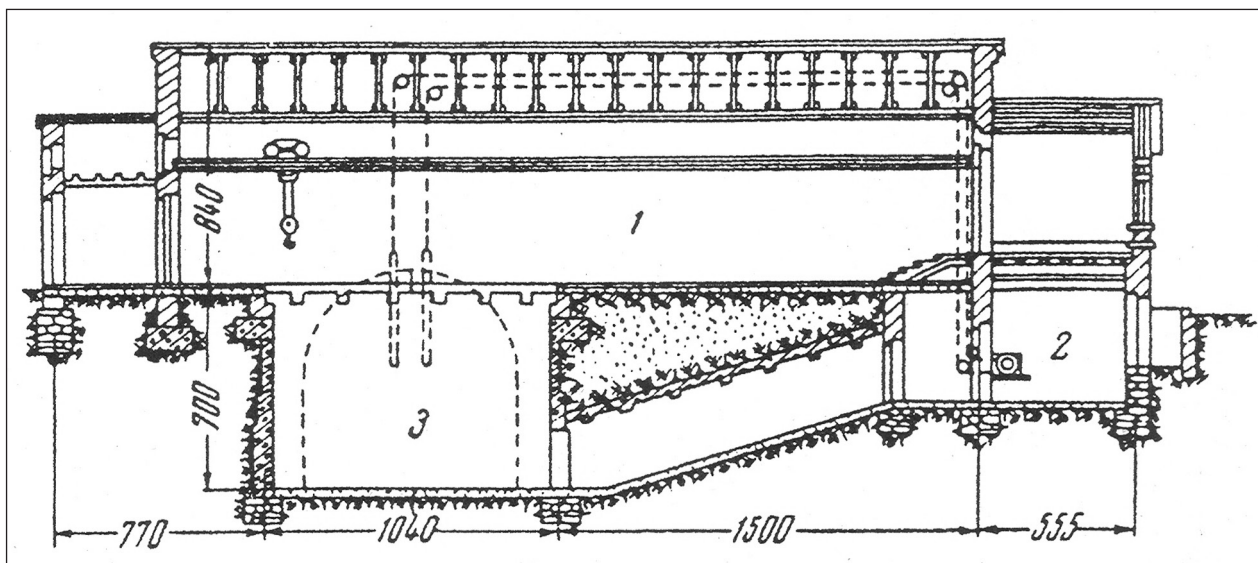
Для уточнения размеров реактора в котловане изготовили несколько его подкритических моделей возрастающих размеров, в центре которых измеряли плотность нейтронов спонтанного деления. Результаты измерений показали, что $R_{кр}$ можно уменьшить до 3,8 м, а количество графита $k_{гр}$ снизить до 400 тонн.

¹Его вскоре стали называть «Монтажные мастерские».



Так выглядит сегодня здание «Монтажных мастерских», где расположен первый советский уран-графитовый атомный реактор Ф-1

Сооружение реактора началось 15 ноября 1946 года, когда в Лаборатории оказалось лишь немного больше половины необходимого металлического урана. Поэтому при сборке использовали также спрессованные из его окислов брикеты. Поскольку бруски графита имели прямоугольную форму 10×10×60 см, сооружаемая установка представляла собой слоистую конструкцию. Каждый ее десятисантиметровый слой был либо чисто графитовый (восемь нижних и восемь верхних слоев защиты — отражателей нейтронов), либо состоял из брусков графита с просверленными в них на определенных расстояниях кана-

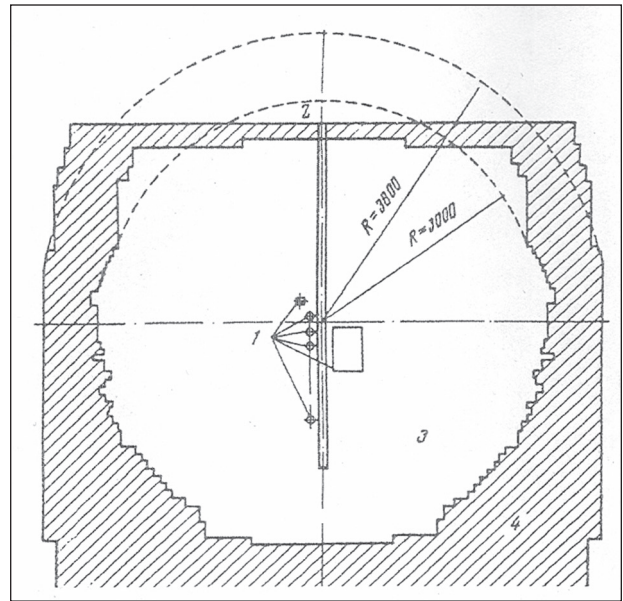


Продольный разрез здания реактора Ф-1:
1 — главный зал; 2 — лаборатория; 3 — котлован

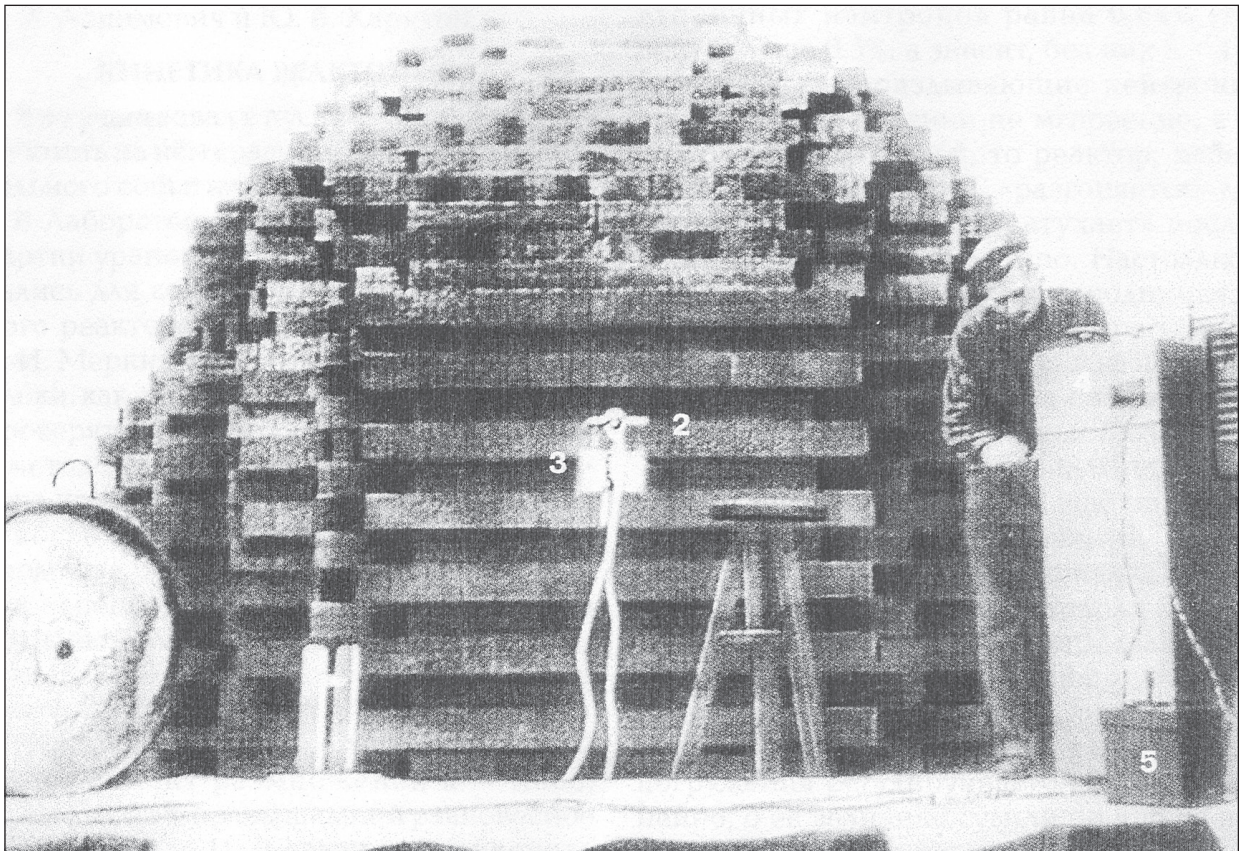
лами для урановых блоков и брикетов (60 слоев активной зоны). Лучшие сорта урана загружали в центр слоя, похуже — дальше от него, брикеты — на периферию. По такому же принципу размещали графит.

В конструкции реактора предусмотрели три вертикальных канала для стержневой системы управления и защиты (СУЗ), пять горизонтальных каналов для измерительных приборов и небольших экспериментальных установок, а также сквозной горизонтальный тоннель сечением 40×60 см, проходящий через центр реактора. Предполагалось, что его заполняют четырнадцатью вкладышами из уран-графитовой решетки. Сменив вкладыш на установку таких же размеров, можно будет поставить опыт по ее облучению в любом месте реактора, включая центр.

В соответствии с проектом реактор должен был приобрести критичность после укладки 68-го слоя. Однако измерение скорости счета нейтронов спонтанного деления показало, что он может «ожить» раньше. Так и случилось: после укладки 62-го слоя при подъеме стержня СУЗ



Вертикальный разрез первого ядерного реактора Ф-1:
1 — экспериментальные каналы; 2 — канал для регулирующего стержня СУЗ; 3 — активная зона; 4 — оболочка-отражатель из графитовых блоков



Подкритическая модель №1:
1 — бочка с эталонным полем тепловых нейтронов; 2 — BF_3 -камера с выносным каскадом;
3 — линейный импульсный усилитель; 4 — пульт управления; 5 — аккумулятор

счет нейтронов начал неудержимо нарастать, не достигая насыщения, и стержень пришлось опустить. Реактор «ожил» досрочно, не добрав шесть слоев до проектных шестидесяти восьми, 25 декабря 1946 года в 15 часов. А 28 декабря И.В. Курчатов и кураторы атомного проекта Л.П. Берия, Б.Л. Ванников и М.Г. Первухин рапортовали Сталину о пуске опытного реактора Ф-1. Наши ученые овладели секретом получения атомной энергии.

Через две недели, 9 января 1947 года, в кремлевском кабинете Сталина состоялось совещание, на котором обсуждалось состояние научно-исследовательских работ по использованию атомной энергии. От Лаборатории № 2 на нем выступили с докладами И.В. Курчатов, И.К. Кикоин, Л.А. Арцимович и Ю.Б. Харитон.

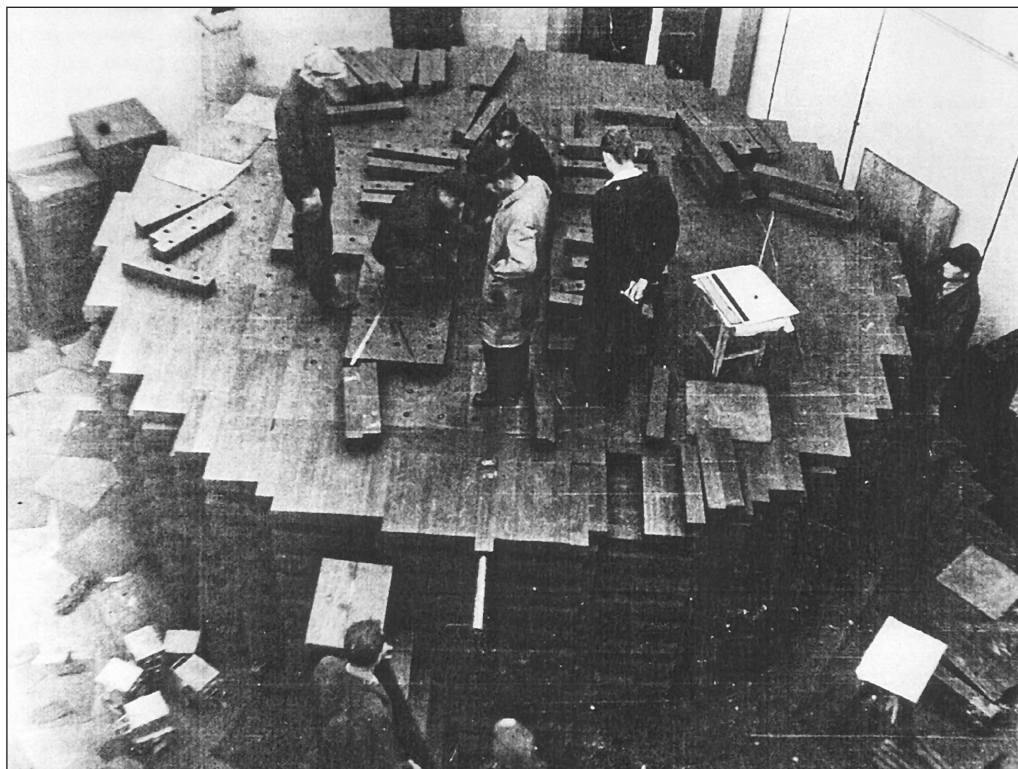
Кинетика реактора Ф-1

Я не участвовал в пуске реактора, но стал работать на нем сразу после этого знаменательного события как дежурный физик.

В Лабораторию продолжали поступать партии урановых блоков. Они предназначались для сооружения уже промышленного реактора, который И.В. Курчатов и В.И. Меркин проектировали с

1945 года. Блоки, как оказалось, гораздо удобнее было проверять не в уран-графитовой призме, а методом сравнения реактивности реактора при его запуске в обычных условиях и после замены некоторого количества «родных» блоков на испытываемые. И меня как «специалиста» по проверке качества урановых блоков (я участвовал в ней весной 1946 года на циклотроне) пригласили заняться этой работой.

Важная особенность Ф-1 — небольшой коэффициент размножения $k = 1,005$, только на 0,5 % превышавший равновесное значение ($k = 1$). В связи с этим цепная реакция в нем могла происходить только при участии так называемых запаздывающих нейтронов, доля которых в спектре вторичных нейтронов равна 0,64 % (то есть больше 0,5 %, а значит, без них $k < 1$). И поскольку запаздывающие нейтроны вылетают при делении не мгновенно, а с некоторой задержкой, то реактор, работающий с их участием, «разгоняется» до заданной мощности и «затухает» после выключения очень медленно. Настолько, что мы управляли им вручную, поднимая и опуская обыкновенной лебедкой регулирующий стержень с нанесенными на нем сантиметровыми делениями.



На сборке моделей первого советского уран-графитового атомного реактора Ф-1 в Лаборатории № 2 АН СССР

За положением стержня наблюдали в перископ. Позднее, в 1950 году, его заменили специальной оптической системой, а лебедку, еще при мне, — электромоторами (сельсинами).

В обязанности дежурного физика кроме проверки качества блоков входили запуск реактора и разгон его до определенной мощности с целью измерения величины реактивности $\rho = (k - 1) / k \approx k - 1$. Поскольку реактивность зависит от глубины погружения регулирующего стержня линейно, о ее величине судили по цифре на стержне, видной в перископ.

Эти работы не требовали от реактора большой мощности и были вполне безопасны для обслуживающего персонала. Если же требовалось получить большую мощность, его запускали дистанционно, из Главного здания, с расстояния более полукилометра. В отличие от первого американского реактора, Ф-1 имел воздушное охлаждение и позволял это делать. Такие запуски проводили по воскресеньям, в отсутствие сотрудников, и на местном жаргоне их называли «свадьбой» (кстати, графитовую призму И.С. Панасюка называли «кучей», а подземную химическую лабораторию Б.В. Курчатова — («погребом»). На реакторе я проработал (с перерывами на текущую работу в секторе № 5) вплоть до осени 1947 года.

Химия плутония

Весной 1947 года в Лаборатории № 2 был сделан еще один важный шаг на пути к созданию атомной бомбы. Б.В. Курчатова с сотрудниками после облучения на реакторе Ф-1 двух пятикилограммовых порций окислов урана получил весовое количество плутония. В апреле 1947 года Лаборатория уже располагала двумя образцами плутония массой 6,1 и 17,3 мкг, в 1300 раз больше общего количества «циклотронного» плутония. Их использовали для изучения свойств химических соединений плутония, свободного от лантанного носителя, а также для исследования растворимости его труднорастворимых соединений (гидроокиси, фторида, гидрата, перекиси, йодида).

Решение этих задач было необходимо для разработки химических методов выделения плутония в килограммовых количествах из урана, облученного в промышленном реакторе, строительство которого уже шло под руководством И.В. Курчатова в Челябинске-40 (ныне Производственное объединение «Маяк») на Урале. Его физический пуск состоялся 8 июня, а рабочий, с охлаждающей водой, — 10 июня 1948 года.

Для сооружения реактора потребовалось 72,6 тонны урана.

Борис Васильевич проверил свой метод и непосредственно на «Маяке», однако специальная комиссия по приему и внедрению разработанной технологии отдала предпочтение его «конкуренту», академику В.Г. Хлопину, хотя сам он высоко оценил лантана-сульфатный метод Б.В. Курчатова.

Заданных параметров 100 МВт промышленный реактор достиг 22 июня 1948 года и начал круглосуточную работу по получению в заводских масштабах нового ядерного горючего — плутония. Курчатова вплотную приблизился к главной цели — созданию атомной бомбы.

Арзамас-16

Конструировали и изготавливали атомную бомбу в филиале Лаборатории № 2 — КБ-11 (теперь ВНИИЭФ), находившемся в закрытом городе Арзамас-16 (г. Саров Нижегородской области). Меня командировали туда в конце 1947 года.

Предыстория этой командировки такова. Во время работы на реакторе Ф-1 я познакомился со старшим научным сотрудником сектора № 12 Ю.А. Зысиным, который был связан совместными проектами с КБ-11. Он набирал команду молодых физиков для длительной работы в конструкторском бюро. К осени 1947 года ему удалось сагитировать двух сотрудников Лаборатории, а ближе к зиме он «соблазнил» и меня романтикой участия в создании атомной бомбы. Замечу, что в КБ уже трудились знакомые мне по совместной работе («Наука о воде») Г.Н. Флеров и В.А. Давиденко.

Арзамас-16 вместе с инфраструктурой, железнодорожным вокзалом, монастырем, аэродромом, заводом сельскохозяйственных машин и живописными окрестностями был опоясан изгородью из колючей проволоки длиной около 80 километров. В ее пределах кроме местных жили еще три категории населения: приехавшие в командировку научно-технические сотрудники КБ-11, заключенные, возводившие новые лабораторные корпуса, и, разумеется, охрана.

На следующий день после прибытия нас по очереди принял научный руководитель и главный конструктор КБ-11 член-корреспондент АН СССР Ю.Б. Харитон (директором был генерал П.М. Зернов). Заместителем Юлия Борисовича назначили известного физика-теоретика Я.Б. Зельдовича, самого молодого члена-корреспондента АН СССР в то время. Оба занимали эти высокие посты по праву: именно они еще в 1939 году

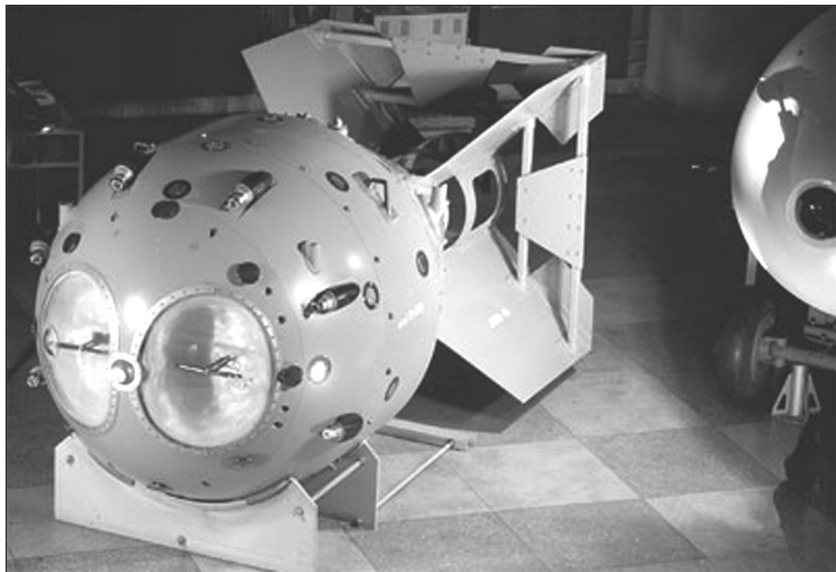
создали теорию цепной ядерной реакции деления урана.

Я рассказал Ю.Б. Харитону о работе по радиотехнике и нейтронной физике в секторе № 5, на циклотроне, реакторе Ф-1 и ответил на его вопросы. После этой встречи меня зачислили в лабораторию Г.Н. Флерова на должность научного сотрудника с окладом, втрое превышавшим тот, который я получал в Лаборатории № 2.

Вначале нам, новичкам, прочитали курс ядерной физики, порекомендовали ряд статей и книг. После завершения образовательной программы каждому определили конкретную задачу. Мне поручили изучить спектр нейтронов деления урана. В это время я уже более или менее ясно представлял состояние атомной проблемы в стране и за рубежом, прочел известный отчет Г.Д. Смита «Атомная энергия для военных целей» и хорошо понимал важность и сложность предстоящей работы. Мне надо было измерить спектр не только вторичных нейтронов естественного урана (программа-минимум), но и его чистых изотопов ^{233}U и ^{235}U , а также изотопа плутония ^{239}Pu (программа-максимум).

Во время очередной встречи с Г.Н. Флеровым я поделился с ним своими несколькими наивными соображениями о будущих исследованиях по программе-максимум, но он посоветовал сосредоточиться в первое время на программе-минимум, выбрав подходящий метод изучения спектра нейтронов. «Думайте над этим дальше, а о том, что надумаете, расскажите мне, когда я недели через две вернусь из Москвы», — сказал он и улетел в столицу.

В моей голове начал вырисовываться конкретный план предстоящих исследований, выглядевший несколько фантастично, потому что требовал хороших пучков нейтронов (а их не давали ни маленький циклотрон, ни реактор Ф-1) и чистых изотопов урана и плутония, которых тоже пока не было. Тем не менее по возвращении Флерова из Москвы мы обсудили эту программу и решили, что я возьму на вооружение фотоэмульсионный метод и на первых порах займусь исследованием спектра нейтронов деления естественного урана, зарегистрированного в виде протонов отдачи на фотопластинке, облученной «в связке» с ураном тепловыми нейтронами² реактора.



Первая отечественная атомная бомба РДС-1

Увы, в Арзамасе эту работу провести мне так и не удалось. Прилетев весной 1948 года на короткое время в Москву (переодеться в летнее), я встретился в Лаборатории № 2 с И.И. Гуревичем, чтобы передать ему от Флерова нейтронный источник, а заодно обсудить наши проблемы. Внимательно выслушав меня, Исая Исидорович совершенно неожиданно предложил мне не возвращаться в КБ-11, поскольку выполнить намеченную программу можно гораздо быстрее и качественнее у него в секторе. На мой вопрос, не будет ли это плохо воспринято Флеровым, Гуревич ответил, что юридическую сторону ситуации он отрегулирует с Харитоном по телефону. Посоветовавшись с женой, взвесив все плюсы и минусы, я решил остаться в Москве. В результате моя попытка поучаствовать в создании атомной бомбы сорвалась, но началась длительная и вполне успешная работа в секторе Гуревича. Замечу только, что программу-максимум я действительно довольно быстро и хорошо выполнил: ее результаты легли в основу кандидатской диссертации, защищенной весной 1952 года.

А спустя пять лет в секторе Гуревича я завершил и другую весьма обширную программу исследований, названную И.В. Курчатовым «Наукой о воде», участниками которой в 1945 году были Г.Н. Флеров, В.А. Давиденко и мы с Д.В. Ти-

²Тепловые нейтроны — медленные нейтроны с кинетической энергией 0,025 эВ, находящиеся в тепловом равновесии с атомами замедляющей среды.

мощуком. Я вернулся к этой проблеме в начале 1950-х, когда стало ясно, что при использовании вместо естественного урана (содержащего всего 0,7 % изотопа ^{235}U) слегка обогащенного (до 3 % ^{235}U) создать реактор с замедлителем из обычной воды вполне возможно. В связи с этим «Наука о воде» стала весьма востребованной, особенно в процессе начавшегося проектирования двухконтурных водо-водяных энергетических реакторов.

И хотя этот цикл работ был завершен в 1957 году, основные результаты выдержали испытание временем и в 1963 году, когда я защищал докторскую диссертацию, оказались лучше аналогичных зарубежных, полученных позже.

Между тем команда Курчатова через год после пуска промышленного реактора на Урале решила и главную задачу: создала первую отечественную атомную бомбу. Ее испытали 29 августа 1949 года на ядерном полигоне в прииртышской степи, примерно в 170 км западнее Семипалатинска,

тогда Казахской ССР. На следующий день после испытания, 30 августа, Л.П. Берия и И.В. Курчатова подписали и отправили на имя Сталина рукописное сообщение: «Докладываем Вам, товарищ Сталин, что усилиями большого коллектива советских ученых, конструкторов, инженеров, руководящих работников и рабочих нашей промышленности в итоге четырехлетней напряженной работы Ваше задание создать советскую атомную бомбу выполнено...»³

Автор выражает искреннюю благодарность П.А. Алексееву, С.С. Попову и М.Е. Хализевой за ценные советы и большую помощь в работе над этой статьей.

³В этом рапорте атомная бомба названа открытым текстом. Другие служебные документы в целях конспирации называли ее реактивным двигателем (РД в первой бомбе (РДС-1) в качестве ядерного заряда был использован Pu-239, во второй (РДС-2) — U-235.

БИОГРАФИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Константин Никифорович Мухин, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, родился в 1918 году в Москве. Работает в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» в должности советника, главного научного сотрудника Института общей и ядерной физики.

Помимо участия в работах по осуществлению атомного проекта он в течение 35 лет в качестве профессора Московского инженерно-физического института (МИФИ) читал расширенный курс экспериментальной ядерной физики, на основе которого был создан учебник для вузов «Экспериментальная ядерная физика» в трех томах. К.Н. Мухин — автор и соавтор более 160 публикаций по ядерной физике и физике элементарных частиц (в том числе семи книг). Учебник и одна из его научно-популярных книг неоднократно переиздавались и переведены на шесть иностранных языков. Третье издание учебника было отмечено в 1977 году Государственной премией СССР, а седьмое осуществлено в 2009 году. Кроме того, в 2008 и 2011 годах вышли в свет две новые научно-популярные книги: «Ядерная физика для любознательных» и «Российская физика нобелевского уровня» (2-е издание).

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА МИНСКОМ ТРАКТОРНОМ ЗАВОДЕ

Космович Л.С., Баранов В.С., Гурченко П.С., Шипко А.А.

Основы использования электронагрева ТВЧ для термообработки в СССР положены во второй половине 30-х гг. В.В. Вологдиным, М.Г. Лозинским и Г.И. Бабатом. В годы войны группа профессора В.В. Вологодина работала над внедрением закалки с электронагревом ТВЧ на заводах оборонной промышленности. После войны на базе группы инженеров-исследователей, в составе Министерства Автомобильной и Тракторной промышленности был создан НИИТВЧ, который возглавил работу по внедрению закалки ТВЧ в производство.

В Республике Беларусь технологии обработки изделий машиностроения с применением индукционного нагрева токами высокой частоты нашли наиболее широкое применение и дальнейшее развитие на Минском тракторном (МТЗ) и автомобильном (МАЗ) заводах.

В настоящей статье основное внимание уделено изложению опыта в области освоения и совершенствования технологий и оборудования индукционного нагрева ТВЧ, накопленного на Минском тракторном заводе (по материалам Баранова В.С. и Космовича Л.С.).

Минскому тракторному заводу принадлежит роль первого промышленного предприятия Беларуси, освоившего технологии и оборудование термической обработки с применением токов высокой частоты и внесшего ощутимый вклад в развитие этих технологий.

В проекте Минского тракторного завода, созданного в 1946 г. под производство трактора «Кировец Д-35» (КД-35), уже было предусмотрено применение следующего оборудования ТВЧ:

- в термическом цехе лампового генератора ГЗ-46 для закалки деталей двигателя трактора;
- в инструментальном цехе такого же генератора для пайки резцов;
- в дизельном цехе машинного генератора для закалки коленчатого вала;
- в деревообделочном цехе установки для сушки досок;
- машинного генератора фирмы АЯКС мощностью 1000 кВт для кузницы.

Поэтому 1948 г. — год начала выпуска пусковых двигателей к трактору, является началом применения ТВЧ на МТЗ. С этого года в термическом цехе завода приступили к закалке деталей пускового двигателя, затем дизеля и деталей трактора.

В марте 1950 г. на участке ТВЧ в термическом цехе работала в три смены на одной закалочной установке бригада электротермистов: А.Т. Майборода, В.С. Баранов, М.К. Берников под руководством мастера Л.С. Космовича. С этого времени и до 1991 г. Л.С. Космович был бессменным руководителем всех работ по развитию технологии нагрева ТВЧ на МТЗ и прошел путь от мастера участка ТВЧ до начальника проектно-технологического отдела электронагрева ТВЧ.

Среди других крупных специалистов по термообработке деталей ТВЧ, работавших в то время на тракторном заводе, Владимир Степанович Баранов, Виктор Иванович Прицев, Владимир Федорович Волчек, Михаил Антонович Довнар и другие. Они и составили на долгие годы ядро коллектива специалистов ТВЧ на МТЗ.

В первые годы все работы по освоению закалки ТВЧ очередной новой детали электротермисты во главе с мастером Л.С. Космовичем выполняли самостоятельно: изучали технические условия чертежа, проектировали и изготавливали опытную оснастку, включая профилирование медной трубки и пайку индукторов.

Лев Степанович Космович 1928 г.р. В 1947 г. закончил политехникум по специальности техник-электрик. В 1959 г. — Белорусский политехнический институт по специальности инженер-электромеханик, в 1975 г. — закончил аспирантуру без отрыва от производства. В 1976 г. защитил диссертацию кандидата технических наук. О преданности делу развития технологий ТВЧ говорит справка кадровой службы МТЗ: за период трудовой деятельности Космовича в области технологий ТВЧ на заводе сменилось: начальников Центральной заводской лаборатории — 5, главных металлургов — 6, директоров — 6, главных инженеров — 10, главных технологов — 12. Список можно продолжить.



Владимир Степанович Баранов 1930 г.р. В 1948 г. начал работу на МТЗ в термическом цехе электротермистом на установках ТВЧ. Имеет более двадцати авторских свидетельств и патентов на изобретения, награжден двумя медалями ВДНХ.



Возможности нагрева ТВЧ были быстро оценены и номенклатура закаливаемых ТВЧ деталей стала расти. К концу 1949 г. закалке подвергались 4 детали, а концу 1950 г. уже 12, в 1952 г. — 36, в том числе и местная закалка цементируемых деталей, на которых благодаря этому было ликвидировано гальванопокрытие отдельных участков для предохранения от цементации. В 1954 г. число закаливаемых ТВЧ деталей выросла до 66 наименований. В 90-х годах более чем в 20 цехах завода располагались более сотни ВЧ установок общей мощностью свыше 20 тыс. кВт, обрабатывающих несколько сот наименований изделий.

В 1951 г. с Ленинградского Кировского завода началась передача на МТЗ производства трелевочного трактора КТ-12. Среди деталей, подлежащих освоению, были подвергавшиеся термообработке ТВЧ, в том числе новые, оригинальные для МТЗ: бортовая шестерня, ведущие звездочки, цилиндры и валы различных диаметров, шлицевые втулки, вилки КПП и др.

Большую помощь в становлении службы ТВЧ на МТЗ оказывал НИИТВЧ (впоследствии — ВНИИТВЧ). Сотрудники института: Н.П. Глуханов, А.Н. Шапов, С.Е. Рыскин, С.Н. Перовский, В.Г. Шевченко, Ю.А. Семан, Н.И. Андрианов, В.А. Бодажков, Л.И. Карпенков, Д.А. Мавлюдова, Е.П. Евангулова, М.А. Попов

и др. часто посещали завод. На курсах повышения квалификации в НИИТВЧ (а потом — и ВНИИТВЧ) прошли обучение практически все специалисты службы ТВЧ МТЗ.

Постоянное внимание, научную и организационную поддержку службе ТВЧ МТЗ уже с 1951 г. оказывал Михаил Николаевич Бодяко — тогда еще кандидат технических наук, а впоследствии — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент АН БССР. Он был активным сторонником широкого внедрения ВЧ нагрева, поддерживал Л.С. Космовича в его начинаниях и всемерно содействовал его творческому росту. Так же действовал и старший научный сотрудник лаборатории, кандидат технических наук, а впоследствии академик, директор этого института Станислав Александрович Астапчик. Вообще эта лаборатория Физтеха наряду с уральской, московской, ленинградской, украинской школами, изучавшими особенности скоростного нагрева сталей и сплавов, внесла существенный вклад в развитие этого научного направления, что видно, например, из следующих работ того времени [2–4]. В последние годы диапазон тематических направлений, связанных с нагревом материалов скоростными методами — индукционным, электроконтактным, лазерным, электронно-лучевым, плазменным и другими, значительно расширен

не только в Физико-техническом институте НАН Беларуси, но и в других научных организациях нашей страны. При этом заложенные в прошлые годы основы поведения металлов и сплавов при скоростном нагреве используются учеными и специалистами для практического освоения этих энергоэффективных технологий.

В 1950 г. встала задача по организации поверхностной закалки шеек коленчатого вала дизеля Д-35. Изготовление закалочного станка для шеек коленчатого вала дизеля Д-35 по проекту ГИПРОТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШа было предусмотрено на Горьковском автозаводе в кооперации с московским автозаводом имени Сталина (ЗИС), однако по различным причинам задерживалось. Поэтому в термическом цехе МТЗ был создан участок для поверхностной газопламенной закалки коленчатых валов. Поверхностный нагрев шеек осуществляли специальными горелками, а закалочное охлаждение потоком воды через встроенные щелевые сопла. Закалка производилась при медленном вращении вала. Производительность метода была невелика, да и качество закалки было невысоким, посколь-

ку нагрев был исключительно поверхностным, а получение необходимой глубины закаленного слоя достигалось за счет перегрева поверхности. Особенно досаждали невидимые трещины, которые выявлялись магнитным дефектоскопом — «магнофлексом», установленным в моторном цехе на участке коленчатого вала, где мастером в то время был Николай Никитович Слюньков (впоследствии директор завода и член Политбюро ЦК КПСС). Рассказывали, что при очередной остановке производства по причине закалочных трещин на коленвале, директор завода Александр Михайлович Тарасов (впоследствии Председатель СНХ БССР и Министр Автомобильной промышленности СССР) сказал: «Магнофлекс неисправен, Таубес (Григорий Николаевич, начальник электроцеха, впоследствии — главный энергетик завода), возьми его в ремонт, да не торопись, отремонтируй хорошенько!». Таубес понял распоряжение правильно. И с тех пор магнофлекса на участке не было и участок работал бесперебойно. По-настоящему решить проблему трещин удалось только при внедрении термообработки шеек коленчатых валов с нагревом ТВЧ.



Лаборатория термокинетики структурных и фазовых превращений в металлах и сплавах при быстром нагреве Физико-технического института АН БССР. Слева направо: первый ряд – Виктор Ивашко, Наталья, Михаил Бодяко, Елена Лезинская, Михаил Прохорчик; второй ряд – Елена, Сергей Кашулин, Станислав Астапчик, Алексей Шипко, Лукашевич; третий ряд – Александр Дымовский, Леонид Гресский, Виктор Крылов, Анатолий Гордиенко, Ксаверина, Чернявская, Гелярий Ярошевич.

В 1952 г. между НИИТВЧ и МТЗ был заключен договор о содружестве и технической помощи. На завод прибыли ведущие сотрудники НИИТВЧ А.Н. Шамов и С.Е. Рыскин для ознакомления с состоянием дел. По их рекомендации 25 апреля 1952 г. на МТЗ создан «цех ТВЧ» по опыту ЗИС в составе 25 человек: 10 ИТР и 15 рабочих. И.о. начальника цеха назначен Л.С. Космович, а заместителем начальника — К.Е. Осюхин. Цех ТВЧ находился в подчинении главного металлурга и состоял из технологической, конструкторской групп, группы внедрения и экспериментально-производственной базы для проведения опытных и наладочных работ. На цех ТВЧ возлагались задачи: технологическая подготовка производства, проектирование и изготовление специального оборудования оснастки, внедрение процессов с применением ТВЧ, контроль за соблюдением технологии ВЧ термообработки, изготовление технологической оснастки для обработки ТВЧ, надзор за эксплуатацией и ремонтом высокочастотного оборудования.

Цех ТВЧ просуществовал около 2 лет. В 1954 г. специалисты ТВЧ выведены из состава термического цеха и переведены в отделение электронагрева (ОЭН) при сохранении указанных для цеха функций. С этого времени в соответствии с должностными обязанностями над ОЭН шефствовал начальник термического сектора ОГМет, первым из которых был кандидат технических наук Яков Израйлевич Прейгерзон, (впоследствии преподаватель БПИ), и далее С.В. Ляшенко и В.И. Зябкин. По настойчивой рекомендации Я.И. Прейгерзона первоочередной задачей была поставлена ликвидация «ручной» закалки, осуществляемой в то время для ряда деталей путем ручного удержания закаливаемой детали вблизи индуктора до тех пор, пока, по мнению калильщика, поверхность детали «не достигнет закалочной температуры», после чего оператор бро-

сал нагретую деталь в емкость с охлаждающей жидкостью. В течение 1952–1956 гг. все детали, подвергавшиеся высокочастотной термообработке, имели специальную оснастку. Во многих случаях это были автоматические и полуавтоматические устройства. Выполнены обширные работы по расширению применения ТВЧ [5–7].

ОЭН в 1956 г. преобразован в лабораторию электронагрева (ЛЭН) ОГМет. В этом году пошел процесс «признания» службой отдела главного конструктора метода термообработки с нагревом ТВЧ, как одного из перспективных видов термического упрочнения. После внедрения ВЧ закалки коленвала в дизельном цехе была внедрена закалка распределителя и гильзы цилиндра. Распределение закаленного слоя в сечении гильзы цилиндра показано на рис. 1.

Индукционное устройство было изготовлено в электроцехе по проекту ЛЭН и установлено в линии механической обработки гильзы, что позволило отказаться от перевозки гильзы в термический цех. Сокращена трудоемкость и расход электроэнергии при изготовлении детали.

Период 1955–1959 гг. характерен значительными для ЛЭН событиями:

- создан участок закалки ТВЧ с двумя параллельно работающими машинными генераторами по 100 кВт каждый и двумя двухпозиционными закалочными станциями в механическом цехе N4 (МЦ4);
- разработана и отлажена на этом участке система ожидания с независимым регулированием напряжения на каждой позиции [35];
- для одновременной закалки всех зубьев ведущей звездочки трактора ТДТ-60 изготовлен закалочный станок и подключен к генератору 250 кВт 2500 Гц в дизельном цехе;
- в термическом цехе корпуса смонтирована и запущена преобразовательная подстанция, в которой были установлены два машинных преобразователя ESAB-100 кВт с частотой 8 кГц;

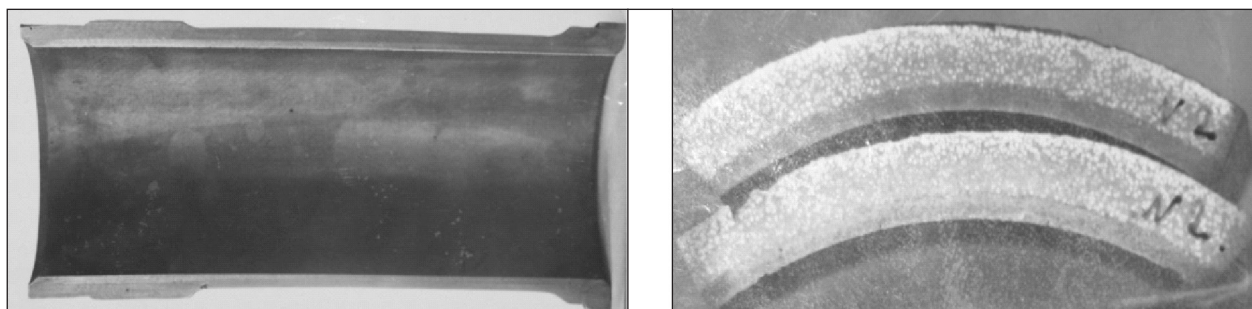


Рис. 1. Распределение слоя закалки ТВЧ в сечении гильзы цилиндра трактора МТЗ

— для закалки длинномерных валов и цилиндров ленинградским Кировским заводом МТЗ были переданы станки для высокочастотной термообработки таких валов и гидроцилиндров. Один из этих станков до настоящего времени успешно применяется на механическом участке отдела.

Задачи лабораторией решались часто оригинально. В 1957 г. Л.С. Космовичем в соавторстве с В.И. Дмитриевым получено первое авторское свидетельство на автоматическое устройство для закалки колец тяги. Тогда же В.И. Прицев нашел техническое решение параллельного включения электромашинных усилителей для возбуждения машинных генераторов ТВЧ.

Виктор Иванович Прицев 1930 г.р. на МТЗ поступил после окончания политехникума, получив специальность техника-электрика. В службе электронагрева работал с 1952 г. инженером-электриком. С 1960 г. — заместителем начальника лаборатории электронагрева. В 1972 г. окончил политехнический институт, в 1975 г. — курсы повышения квалификации ИТР во ВНИИТВЧ. Имеет два изобретения и ряд научно-технических публикаций.

В 1955 г. в кузнечном цехе возникли трудности при изготовлении конусного расширения трубы трактора КТ-12 диаметром 350 мм на длине 100 мм ввиду неравномерности нагрева этого участка в печи. По просьбе начальника кузнечного цеха М.Е. Гаврилова в ЛЭН был создан индукционный нагреватель промчастоты с магнитопроводом для нагрева подлежащего обработке участка. Нагреватель, подключенный непосредственно к цеховой сети 380 В, обеспечивал должное качество нагрева.

Во втором полугодии 1959 г. Совнархоз БССР принял решение о расширении и развитии конструкторских и технологических служб (всего 54) на предприятиях Республики. Этим решением предусматривалось создание на ряде предприятий Совнархоза базовых лабораторий для развития и внедрения новой техники. На МТЗ этим постановлением было создано шесть таких лабораторий. Они входили в состав завода на правах структурных подразделений, работали на хозрасчете и подчинялись техническому управлению Совнархоза БССР. Решением МТЗ ЛЭН ОГМет преобразована в БЛЭН и включена в нее группа по обслуживанию МТЗ. За счет этого общая численность БЛЭН выросла до 75 человек, в т.ч. 45 ИТР и служащих. Лаборатории надлежало оказывать помощь всем предприятиям Совнархоза

по их заказам. БЛЭН, как и другие базовые лаборатории, подчинялась непосредственно главному инженеру МТЗ — З.С. Рубанову, затем его заместителю. В разное время это были Хейкер, Забродин, Арефьев, Тимошенко, Золотухин, Егоров, Козлов, Харитонович, Петровский. Среди них особо выделился кандидат технических наук В.И. Егоров, который организовал научно-исследовательский центр (НИЦ) и взял под свою опеку в 1966 г. кроме базовых лабораторий информационно-вычислительный центр и службы организации мероприятий новой техники.

После ликвидации Совнархозов в 1976 г. БЛЭН переименована в ПЛЭН — проблемную лабораторию электронагрева МТЗ. Сохранились и условия хозрасчета в экономике лаборатории. Лаборатория электронагрева окупала свои затраты доходами от выполнения работ по заказам цехов завода и сторонних организаций, технологическим обслуживанием действующего производства, подготовкой производства и экономической эффективностью внедренных мероприятий. Окупаемость затрат ежеквартально контролировала экономическая служба завода. За счет имевшейся прибыли лаборатория приобретала необходимое лабораторное оборудование.

С 1976 г. наступил период систематического сокращения численности технических служб завода, в том числе и лаборатории, что привело к сокращению объема поисковых и исследовательских работ. Лаборатория превратилась в технологическую службу ТВЧ и в 1988 г. переименована в проектно-технологический отдел электронагрева токами высокой частоты — ОТВЧ. В 1996 г. решением дирекции завода ОТВЧ, исследовательская лаборатория металловедения и термообработки и проектно-технологическое бюро химико-термической обработки и борирования отдела главного металлурга объединены в Термический отдел (ТерМО).

В процессе становления БЛЭН, (ПЛЭН, ОТВЧ, ТерМО) сформирована структура подразделений и определены их функции.

Технологическая служба (бюро) ТВЧ была включена в систему подготовки производства и наравне с другими технологическими отделами получала конструкторскую документацию на подготовку производства термообработки ТВЧ. Взаимоотношения конструкторов и специалистов ТВЧ складывались трудно. Конструктор не признавал специалистов ТВЧ как «субъект инициативы» в формулировании технических требований чертежа детали и зачастую требова-

ния на ВЧ закалку не отличались от требований на цементацию. Это постоянно вызывало возражения цеха ТВЧ о невозможности обеспечения таких требований. В результате длительных дискуссий разработана заводская нормаль на технические требования чертежа по ВЧ закалке деталей и применяемые для этого процесса марки сталей, в которой были изложены основные принципы задания технических условий на закалку деталей ТВЧ. Технические требования, отличающиеся от «нормальных» конструктор мог устанавливать только по согласованию с ТВЧистами после выпуска опытной партии деталей.

Работу с ОГК и производственными цехами по подготовке производства, внедрению и технологическому сопровождению термообработки с нагревом ТВЧ в действующем производстве осуществляло главным образом техбюро, работавшее под руководством М.А. Довнара и его приемником М.Л. Этиным. Этот участок работы имеет первостепенную важность, поскольку он прямым образом оказывает влияние на бесперебойную работу производственных цехов по ВЧ закалке, обеспечивает необходимое качество выпускаемой продукции и своевременную подготовку производства. О важности этого участка говорит тот факт, что, несмотря на многочисленность технологических процессов, завод по высокочастотной закалке рекламаций не имел. Это отмечалось руководством завода на итоговых совещаниях по качеству.

Михаил Антонович Довнар родился в 1924 г. В 1941 г. после окончания 10 классов поступил работать на Минский авиационный завод (впоследствии МТЗ). С началом войны эвакуировался вместе с заводом в Улан-Уде, где проработал до 1945 г. По окончании войны вернулся в Минск и работал на заводе Промсвязь. В 1959 г. окончил БПИ по специальности инженер-электромеханик. С 1958 г. работал на МТЗ в лаборатории электронагрева инженером, старшим инженером. С 1962 по 1966 г. — начальник техбюро лаборатории. С 1966 г. до выхода на пенсию работал заместителем начальника ЛЭН, ПЛЭН, БЛЭН по производству.

Следует ометить работу технологов А.Т. Майбороды, Ю.А. Чистякова, Т.В. Элькиной, Н.В. Кошеленковой, И.Н. Бурдюк, с привлечением КБ (В.И. Дмитриев, Б.Н. Хацкевич) и ЭПУ (Я.Т. Федорович и др.). Они являлись по существу форпостом, ограждавшим от повседневных забот исследователей, и в значительной мере — начальника, позволяя им плодотворно работать на перспективу.

Конструкторское бюро в разное время возглавляли начальники: В.И. Дмитриев, В.И. Соколин, Б.Н. Хацкевич и конструкторы — И.Г. Комар, В.Н. Шут, Л.А. Ленцевич, Т.Г. Шут и др. Ими были созданы различные устройства для термической обработки и нагрева под ОМД заготовок деталей МТЗ. К сожалению, систематическое сокращение численности лаборатории после 1965 г. отразилось, прежде всего, на КБ — как на численности, так и на уровне разработок. В некоторых случаях закалочные или нагревательные установки, например, для нагрева под высадку и «чулочную» закалку задней полуоси, созданы в содружестве с отделом механизации, но отсутствие «генерального конструктора» не лучшим образом отразилось на конечном результате — единого станка, нагревателя не получилось.

Экспериментальный участок создавался для ВЧ закалки деталей опытного производства, выполнения экспериментальных работ и отладки оборудования перед передачей его в цех. Участок оснащен машинными и ламповыми генераторами, закалочными станками, испытательным стендом и ВЧ распрестройством, позволяющим подключить любой нагреватель к одному или двум параллельно работающим генераторам любой из двух частот. При необходимости на участок завозилось другое, необходимое в данное время, оборудование. Инженеры-технологи и исследователи совместно с высококвалифицированными наладчиками: И.А. Коптуром, Е.С. Лисковым, Н.П. Ходотовичем, Е.И. Широковым, В.А. Самойловым, И.И. Минько и др. отлаживали на ЭУ закалку бортовых шестерен, высадку торсионов, автомат для высадки болтов, горячую резку труб, электрогидравлическую штамповку и многое другое. На участке выполнялись металлографические исследования, электрические и тепловые измерения и т.п.

Участок изготовления оснастки. Еще со времен цеха ТВЧ рабочие этого участка изготавливали опытные устройства и участвовали в их испытаниях. Высококвалифицированные рабочие: М.Я. Горбацевич, В.О. Ермолович, О.Д. Ермолович, И.А. Коптур, Н.Г. Котов, В.Н. Кузьмичев, Е.С. Лисков, И.И. Минько, В.А. Самойлов, Н.Г. Ходотович, Е.И. Широков, Е.И. Юшкевич под руководством Я.Т. Федоровича, изготавливали все индукторы и приспособления, в том числе — автоматические, для ВЧ закалки и горячей резки для цехов завода и много — для сторонних организаций, первые экземпляры закалочных трансформаторов, индукторов к кузнечным

нагревателям, некоторые закалочные станки и множество опытных установок.

Техническая группа отвечала за делопроизводство, внедрение вычислительной техники и АСУ; техническую информацию; ведение технического архива; ведение технической библиотеки; оформление рацпредложений и изобретений.

Достижения МТЗ по созданию оборудования и технологий обработки ТВЧ

В процессе реконструкции завода под выпуск 75000 тракторов в 1960 г. было намечено осуществление полного цикла изготовления деталей, включая механическую обработку, термообработку и сварку выполнять в технологических линиях. При этом неприемлемой оказалась установка в линиях механической обработки большого числа отдельных машинных преобразователей для индивидуального питания закалочных установок. Было принято решение о сооружении в цехе централизованной преобразовательной подстанции (ПП) с несколькими преобразователями частоты, работающими параллельно на единые шины, к которым подключаются все закалочные станки, установленные в линиях [8]. Начиная с 1959 г. на заводе начато применение централизованного питания закалочных станков цеха от общих шин единой преобразовательной подстанции по радиальной схеме. Такая схема позволила в необходимых случаях повышать мощность, потребляемую закалочным станком до 200 кВт и более, сократить до 30–50 % установленную мощность преобразовательной подстанции.

Применение централизованного питания закалочных станков потребовало высокой стабильности напряжения на общих шинах преобразовательной подстанции. Однако, выпускаемые в СССР ВЧ установки с машинными генераторами до 1965 г. комплектовались для возбуждения электромашинными усилителями (ЭМУ), что сдерживало развитие применения централизованного питания.

Инженер БЛЭН МТЗ Я.Е. Добис для возбуждения генераторов разработал автоматический электронный регулятор напряжения (АРН). Дальнейшее его совершенствование привело к созданию тиристорного АРН МТЗ [19], которыми были укомплектованы все ПП ТВЧ на МТЗ и АРН НИИТВЧ, которые стала выпускать электротехническая промышленность. Блок автоматического регулирования напряжения (АРН) конструкции МТЗ показан на рис. 2.

АРН позволил с точностью до 1 % поддерживать напряжение на шиносборке преобразо-



Рис. 2. Блок автоматического регулирования напряжения (АРН) конструкции МТЗ

вательной подстанции независимо от нагрузки, что позволило стабилизировать качество термообрабатываемых деталей [9, 10]. Разработка автоматического тиристорного регулятора напряжения позволила создать комплект типовой аппаратуры управления как одним, так параллельной работой группы высокочастотных генераторов. Автоматический тиристорный регулятор напряжения отмечен бронзовой медалью ВДНХ. Применение созданной типовой аппаратуры позволило отказаться от проектирования щитов и схем управления для каждого машинного зала, как это делалось ранее. Регулятор успешно применяется на большинстве машинных преобразователей МТЗ, на заводах-филиалах в Витебске, Бобруйске, также на заводе шестерен, МАЗе и ряде других заводов. Документация на регулятор передана 24 предприятиям и организациям. Активное участие в разработке и испытании тиристорного регулятора приняли специалисты ЛЭН Л.С. Космович, Г.В. Лукинский, М.Р. Слепнян, Я.Е. Добис, И.А. Коптур, А.Ф. Григорьев.

Технологами и конструкторами ТВЧ МТЗ постоянно велись работы по совершенствованию и автоматизации оснастки для ТВЧ закалки [11, 12]. В связи с тем, что на энергонасыщенных тракторах, начиная с МТЗ-50, для ответственных деталей стали применяться легированные стали, закалка которых даже с надлежащим самоотпуском не исключала образование трещин, появилась проблема подбора закалочной среды, обеспечивающей отсутствие трещин. Даже применение широко рекламируемой немецкой закалочной среды «аквопласт» не исключило образование недопустимых дефектов в связи с быстрым изме-

нением состава среды. По инициативе В.С. Баранова была освоена закалка легированных сталей со спрейерным охлаждением маслом. Для закалки маслом были созданы специальные закалочные станки с пневмогидравлическим насосом [13], позволившие осуществлять закалку в линиях механической обработки и внешне выглядявшие не хуже других закалочных станков. В создании и внедрении этого оборудования участвовали В.И. Дмитриев, М.А. Довнар, К.Н. Кошеленков, Е.С. Лисков, М.Л. Этин и др.

На МТЗ были созданы специальные технологические устройства и освоена закалка зубчатых венцов (рис. 3).

Опыты по закалке бортовых шестерен трактора МТЗ В.С. Баранов совместно с Л.С. Космовичем, Е.С. Лисковым и др. начали проводить в 1958 г., ознакомившись с примерами закалки шестерен в станкостроении [14].

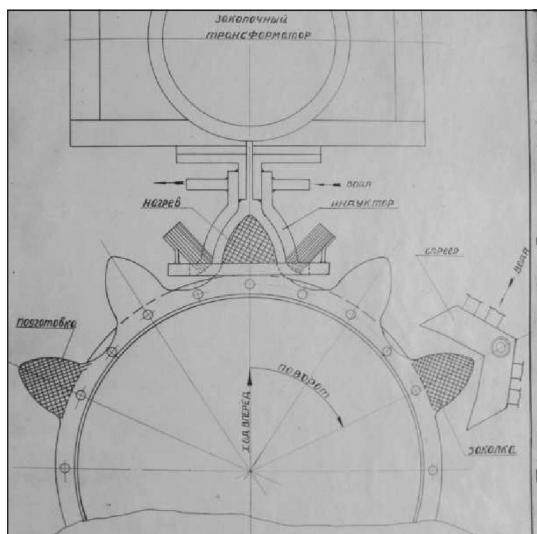
Работа по созданию технологии поверхностной закалки по контуру зубчатой поверхности бортовых шестерен трактора МТЗ, изготовленных из стали 50ХГТР и прошедших предварительную объемную закалку с печного нагрева, была завершена в 1975 г. при содействии лаборатории термокинетики ФТИ АН БССР под руководством М.Н. Бодяко и С.А. Астапчика [15–17]. Для поверхностной закалки шестерен применили предварительный подогрев в шахтной печи и быстрый, в течение 5 с, одновременный нагрев мощностью до 1000 кВт на частоте 8 кГц всей зубчатой поверхности на индукционной установ-

ке, показанной на рис. 4. Для выполнения такого нагрева понадобилось включение в параллельную работу 10 преобразователей мощностью по 100 кВт.

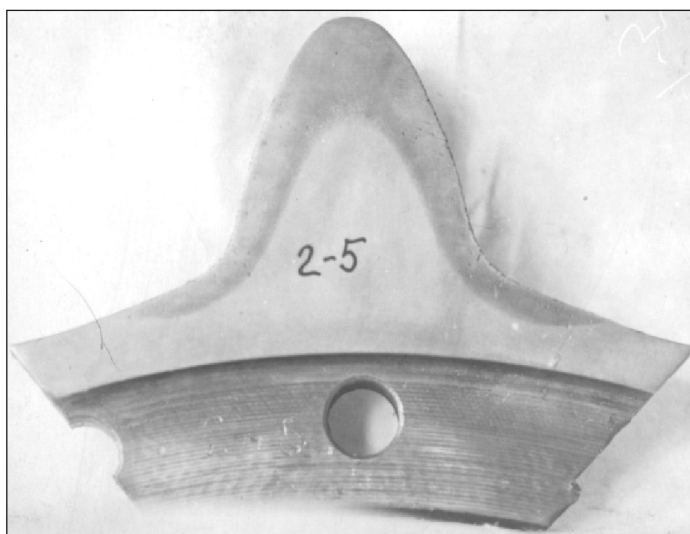
Распределение твердости в сечении зуба бортовой шестерни после такого комбинированного упрочнения показано на рис. 5. Стендовые испытания показали пригодность закаленной ТВЧ шестерни для установки на трактор.

К сожалению, пока опытные работы по закалке ВЧ шестерен были завершены, был построен участок цементации шестерен и вопрос внедрения ТВЧ закалки стал не актуален.

А вот исследования поверхностной закалки по всей длине, как ее окрестили на заводе — «чулочной», закалки задней полуоси [18–19], начатые в 1966 г. В.С. Барановым, В.Ф. Волчком, Л.С. Космовичем, К.Н. Кошеленковым, Е.С. Лисковым, Б.Н. Хацкевичем и др., завершились внедрением. Когда в связи с увеличением мощности трактора и нагрузки на полуось встал вопрос об увеличении ее диаметра, оказалось, что выносливость полуоси, закаленной ТВЧ на порядок выше серийной и она может успешно использоваться на новом тракторе даже при изготовлении ее из более дешевой стали. Это дало значительный экономический эффект. Способ и устройство закалки с циклическим охлаждением полуоси трактора и одновременным индукционным отпуском, проводимым за одну установку детали, награжден серебряной медалью ВДНХ.



а



б

Рис. 3. Схема технологического устройства для закалки зубчатых венцов – а, и расположение закаленного слоя в сечении зуба венца – б



Рис. 4. Общий вид установки для поверхностной закалки бортовых шестерен трактора МТЗ

Сущность такого охлаждения заключается в том, что закалку производят в непрерывно последовательном режиме в перемещающемся относительно изделия охлаждающем устройстве, состоящем из нескольких спрейеров, каждый из которых выполнен с различными углами охвата изделия (соответственно 270 °С, 180 °С, 90 °С) и обеспечивает выполнение соответствующего импульсного цикла активного охлаждения, уменьшающегося в процессе перемещения детали от спрейера к спрейеру. В процессе окончания одного цикла активного охлаждения (под циклом в данном случае подразумевается часть оборота закаливаемого изделия происходящего в пределах угла спрейера охватывающего поверхность детали) по выходу из которой температура поверхности в течение 0,25 с мгновенно повышается за счет накопленного тепла. После входа в зону активного охлаждения спрейера в течение 0,75 с (скорость вращения изделия 1 об/с) температура поверхности снижается. При этом средняя скорость охлаждения детали в диапазоне 700 °С – 180 °С на ее поверхности составляла 40 °С/с.

В таком режиме охлаждение осуществлялось в течение 13 с, и температура поверхности изделия при этом снижалась до 180 °С. В момент

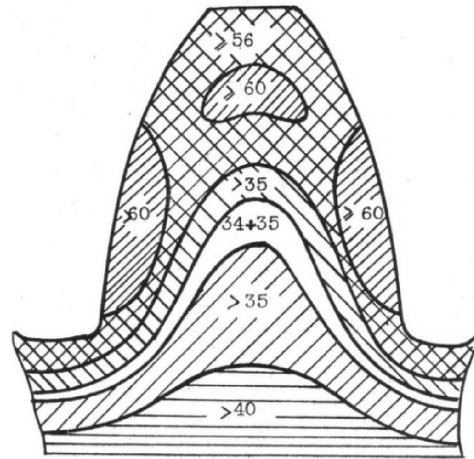


Рис. 5. Распределение твердости по шкале HRC в сечении зуба шестерни из стали 50ХГТП после поверхностной закалки

выхода изделия из спрейера за счет накопленной деталью теплоемкости его температура в течение 4 с повышалась и достигла 370 °С. Далее в течение 4 с закаливаемый участок охлаждался во втором спрейере до температуры 180 °С, по выходу из которого в течение 8 с его температура достигает 320 °С, и входит в третий спрейер, в котором охлаждается до 120 °С. По мере дальнейшего перемещения детали закаленная область входит в отпускной виток индуктора, который осуществляет ее подогрев для отпуска.

Отпускной виток индуктора выполнен в виде шестигранника и включен последовательно с основным индуктором. На пяти сторонах отпускного витка установлен магнитопровод с возможностью его поворота вокруг оси грани, что позволяет регулировать температуру отпуска закаливаемого изделия.

Перед высокочастотной термообработкой наиболее нагруженная область (участок выхода шпоночного пазы детали на цилиндрическую поверхность) подвергалась предварительному подогреву, что в конечном итоге позволило увеличить глубину закаленного слоя в необходимом месте.

Надежность процесса проверялась десятикратной закалкой детали изготовленной из стали 38ХГС, с завышенным содержанием углерода до 0,47 %. Несмотря на сложную конфигурацию детали, включающей в себя шпоночный паз, рейку в виде зубчатой поверхности, концентрично оси детали выступающий упорный бурт подшипника и шлицевую поверхность, закалочных дефектов на поверхности детали после многократной закалки обнаружено не было.

Одновременно была произведена замена марки стали 38ХГС на 40Х.

Стендовые испытания полуоси изготовленной из стали 40Х термообработанной по новой технологии, проведенные Генеральным конструктором, показали 7-кратное увеличение усталостной прочности и ни разу не были доведены до поломки детали ввиду недостаточной прочности испытательного стенда. Экономический эффект в ценах августа 1996 г. по замене марки стали с внедрением «чулочной» закалки составил более 14 млрд руб. В расчете не учтены затраты на строительство и перевозку деталей в случае их отпуска в печи термического цеха.

Аналогичная работа после выявления слабых сторон была проведена с полуосями энергонасыщенных тракторов МТЗ-1025, МТЗ-1021, МТЗ-1522, МТЗ-1822, МТЗ-12222 и МТЗ-2522.

С момента внедрения процесса было выпущено 2500000 деталей и не получено ни одной рекламации. Схема спрейера для циклического закалочного охлаждения полуоси после индукционного нагрева показана на рис. 6. На рис. 7 показано изменение температуры поверхности полуоси в процессе циклической закалки.

Закалку производят в непрерывно последовательном режиме со скоростью вращения детали 1 об/с в перемещаемом относительно изделия устройстве. Охлаждающее устройство состоит из нескольких спрейеров (рис. 6), каждый из которых выполнен с различным углом охвата изделия (270°, 180°, 90°).

В момент выхода изделия из первого спрейера его температура в течение 4 с повышалась до 370 °С. Далее в течение 4 с закаливаемый участок охлаждался во втором спрейере до темпера-

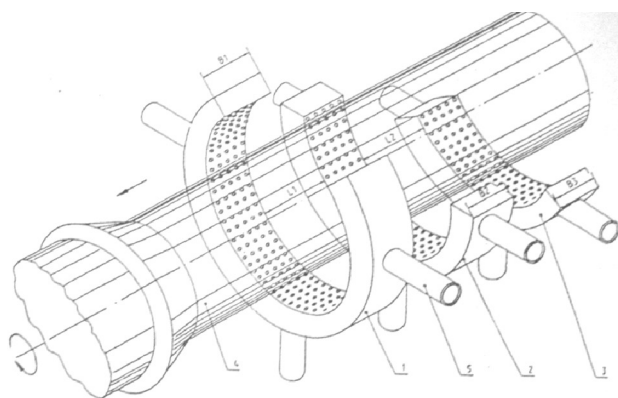


Рис. 6. Схема спрейера для циклического закалочного охлаждения полуоси после индукционного нагрева

туры 180 °С, а по выходе из него в течении 8 с температура достигала 320 °С, далее этот участок попадает в третий спрейер, угол охвата которого составляет 90 °С. В нем поверхность изделия охлаждается до 120 °С. По мере дальнейшего перемещения закаленная область изделия входит в отпусочный виток индуктора, который осуществляет ее подогрев до заданной температуры отпуска.

Перед высокочастотной термообработкой наиболее нагруженную область (участок выхода шпоночного паза детали на цилиндрическую поверхность) подвергают предварительному подогреву, что позволило увеличить глубину закаленного слоя в наиболее нагруженном участке детали.

Надежность процесса проверяли десятикратной закалкой детали изготовленной из стали 38ХГС, с завышенным содержанием углерода до 0,47 % после которой трещин обнаружено не было.

Стендовые испытания полуоси изготовленной из стали 40Х термообработанной по новой технологии, показали 7-кратное увеличение усталостной прочности и ни разу не были доведены до поломки детали ввиду недостаточной прочности испытательного стенда.

Лабораторией была спроектирована универсальная нагревательная станция, впоследствии нашедшая широкое применение не только на предприятиях и институтах Республики, но и на других предприятиях бывшего СССР.

Повышение удельных нагрузок на деталях новых тракторов предопределило изготовление этих деталей из легированных марок сталей, что в свою очередь вынуждало технологов изыскивать новые методы термообработки. На МТЗ был разработан процесс и специальное оборудование для высокочастотной термообработки

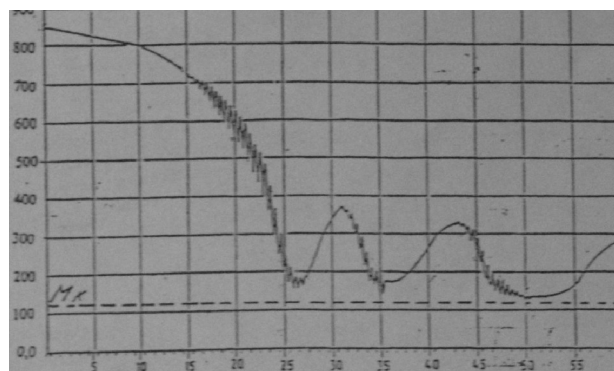


Рис. 7. График циклического закалочного охлаждения полуоси

деталей с закалочным охлаждением маслом, что позволило полностью избежать возникновения трещин на деталях сложной конфигурации, сохранив при этом достаточно высокую твердость поверхности, небольшую глубину закаленного слоя и минимальную деформацию. Для нагнетания масла в спрейер, взамен громоздкой и дорогой системы, включающей циркулярный масляный насос и гидроклапан, применен пневмогидравлический насос периодического действия, который размещается непосредственно в баке под индуктором и работает от сети сжатого воздуха по команде схемы автоматического управления. Усовершенствована конструкция электрогидравлического клапана путем замены поршневого привода клапана диафрагменным. Это упростило конструкцию крана и резко повысило его надежность.

Вклад в разработку процессов и оборудования закалки маслом внесли начальник лаборатории высокочастотной закалки В.С. Баранов, начальник КБ В.И. Дмитриев, начальник ТБ М.Л. Этин, зам. начальника лаборатории В.И. Прицев и М.А. Довнар и др.

По мере модернизации основного производства пополнен парк высокочастотного оборудования вспомогательного производства. В середине 70-х гг. произвели модернизацию машзала ремонтно-механического цеха. Здесь освоен процесс сорбитизации крановых колес, высокочастотная термообработка дисков турбин дробетных машин, ведущих и ведомых звездочек главного и вспомогательных конвейеров, тяговых конвейерных цепей, крупномодульных шестерен весом до 3 т и целого ряда других деталей вспомогательного производства.

В 1984 г. в лаборатории начали проводиться экспериментальные работы по отработке режимов нагрева заготовки полуоси для ее последующей высадки двух участков с одного нагрева. После изготовления оборудования и его отладки процесс был успешно внедрен в производство и получены сотни тонн экономии дорогостоящей легированной стали. Активное участие по внедрению процесса высадки полуоси принимали специалисты ПЛЭН и ОГМет: Н.Ф. Ладутько, Л.С. Космович, В. Дегтярев, Б.Н. Хацкевич, В.И. Прицев и др.

Начиная с 1953 г. быстрыми темпами возрастают масштабы применения технологии с использованием ТВЧ не только закалки, но и для плавки металла в литейном производстве. В середине 60-х гг. в автоматном (механическом № 3) цехе вводится в

строй преобразовательная подстанция, где были установлены 2 стокиловатных преобразователя МПП-102 и четыре высокочастотные плавильные печи. На этом оборудовании была освоена плавка цветного литья. Одновременно в цехе подготовки и хранения материалов (ЦПиХМ) был введен в строй плавильный участок ТВЧ для производства точного стального литья, который просуществовал вплоть до 1971 г. и был демонтирован только после ввода в строй преобразовательной подстанции ТВЧ в цехе точного стального литья.

Коллективом ПЛЭН выполнена модернизация индукционных плавильных печей литейного производства, которая заключалась в увеличении мощности установки, изменении конструкции индуктора и плавильной печи за счет увеличения объема тигля по жидкой стали с 480 до 500 кг. Одновременно произведена модернизация преобразовательной подстанции и высокочастотные генераторы ВГО-250-2,4 были заменены на ОПЧ-500-2,4. В результате проведенных мероприятий выпуск стали на участке возрос с 72 до 95 т.

В этом же цехе в конце 60-х гг. был внедрен станок-автомат для профилирования торозных лент с высокочастотным нагревом. Станок был спроектирован и изготовлен специалистами БЛЭН на экспериментальном участке. Внедренное новшество позволило значительно улучшить качество деталей и повысить производительность труда. Разработан и внедрен станок специалистами: И.Г. Комаром, Н.Ф. Ладутькой, И.И. Минько, Я.Т. Федоровичем и др.

В 1979 г. в лаборатории освоен процесс ВЧЗ гнезд клапанов головки блока. Для этой цели был использован ранее разработанный индуктор, активный виток которого был соединен с приводом для вращения его вокруг оси. Схема устройства для закалки гнезд клапанов головки блока цилиндров двигателя трактора МТЗ показана на рис. 8, а, общий вид закалочного приспособления в процессе закалки показан на рис. 8, б. Технология ВЧ термообработки состояла в том, что перед нагревом под ВЧ закалку головка блока объемно нагревалась до 200 °С.

Почти изотермическое охлаждение при закалке гарантировало получение высокой твердости на фаске гнезда без образования трещин. Госкомитетом по делам открытий и изобретений СССР было выдано авторское свидетельство на изобретение. Однако в процессе испытаний из 10 на 2-х выхлопных гнездах была обнаружена трещина. Ввиду этого МТЗ отказался проводить

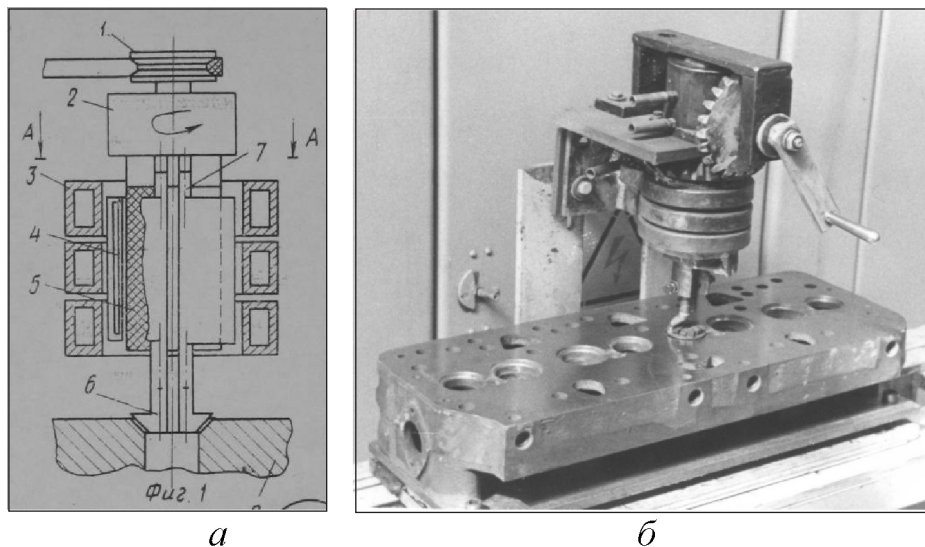


Рис. 8. Устройства для закалки гнезд клапанов головки блока цилиндров трактора МТЗ:
а — схема; б — общий вид

дальнейшие работы. С таким же грифом было выдано АС свидетельство на способ изготовления тяг трактора. Этим же устройством, но с другим индуктором по просьбе ГСКБ начальником бюро П.А. Стецко проведена опытная работа по закалке посадочного гнезда в корпусе заднего моста.

По инициативе и под руководством главного металлурга МТЗ О. Лашкевича в 2005–2010 гг. на МТЗ создана и на филиале МТЗ в г. Сморгонь внедрена установка для термической обработки балки плуга, позволяющая осуществлять термическую обработку балок длиной 4000–7600 мм, сечением от 40×60 мм до 200×200 мм и толщиной стенки до 8 мм. Схема установки для термической обработки балки плуга показана на рис. 9. Общий вид установки и индуктора в процессе закалки балки показан на рис. 10.

Индукционная установка для высокочастотной закалки оснащена индуктором 1, обеспечивающим нагрев детали до температуры 950 °С и сквозной прогрев на глубину до 8 мм. При расчете индуктора ставилось целью обеспечить сквоз-

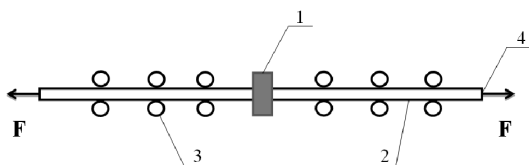


Рис. 9. Схема установки для термической обработки балки плуга:
1 — индуктор; 2 — балка; 3 — ролики; 4 — место приложения силы для растягивания балки

ной нагрев балки и максимально снизить возможность перегрева поверхностных слоев изделия. Нагрев производят от тиристорного преобразователя мощностью 500 кВт с частотой тока 2400 Гц.

Закалка осуществляется душирующим устройством — спреером, расположенным непосредственно после индуктора, водой, что обеспечивает как большую скорость охлаждения, так и его равномерность.

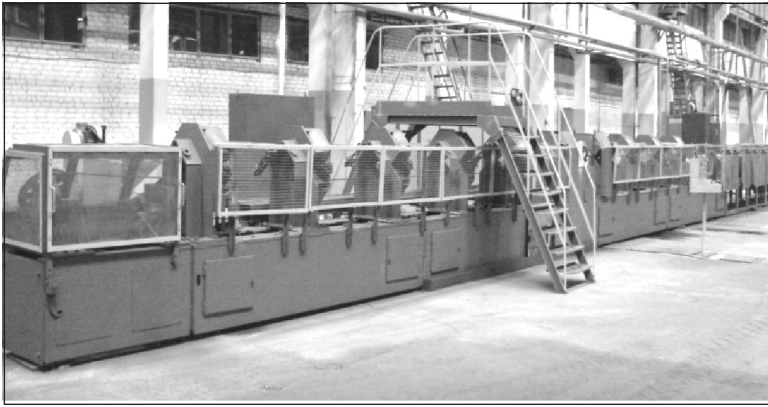
Параметры спреерного устройства:

Давление воды $0,3 \pm 0,05$ кг/см²;

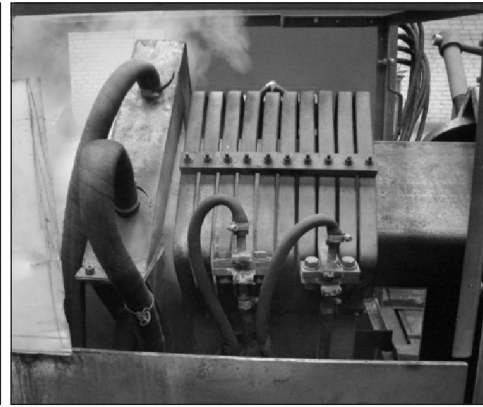
Расход спреерной воды 40 м³/ч.

Деталь перемещается по роликам 3, расположенным по всей длине установки. Растяжение детали при закалке обеспечивается двумя стальными тросами 4, которые крепятся к торцам балки 2, обеспечивая как ее непосредственное растяжение в противоположные стороны, так и ее передвижение (скорость перемещения может составлять 2–20 мм/с) во время процесса закалки. Эта особенность применения стальных тросов позволяет в значительной степени снизить коробление изделия и обеспечить постоянство получаемых результатов по крайней мере применительно к исследуемой марке стали и техпроцессу.

В 1965 г. началась крупная подготовка производства по термической обработке деталей машин оборонной техники. Для обеспечения надежности оборонной техники специалистами ОГМет ПЛЭН и термического цеха 93 МСП необходимо было изучить технологию процессов химико-термической обработки и высокочастотной закалки машин оборонной техники. С этой целью



а



б

Рис. 10. Общий вид установки К-549 (а) и индуктора (б) для закалки балки плуга

используют опыт оборонных заводов СССР. Для выпуска оборонной техники не было необходимых мощностей. В конце 60-х гг. был разработан проект на строительство и ввод в эксплуатацию цехов механосборочного производства (МСП), в том числе термического цеха МСП.

Сложность подготовки производства заключалась в том, что применяемые марки стали 18Х2Н2МА и 18Х2Н2В ранее на МТЗ не применяли. Высокая точность геометрических параметров требовала исследования новых режимов термической обработки.

За короткий срок в механосборочном производстве (МСП) был построен и введен в эксплуатацию термический цех с организацией всех видов термической и химико-термической обработки.

Процесс подготовки производства по изделию в большой степени коснулся и ПЛЭН. Предстояло выполнить проекты более чем на 120 наименований сложной оснастки, среди которых были такие крупногабаритные детали, как катки гусениц. Среди деталей, на первых порах производства, было много наименований шестерен коробки перемены передач, закалка которых при высокочастотном нагреве представляла собой большую трудность, поскольку шестерня после ВЧЗ должна была иметь три различные твердости. Для всех этих деталей необходимо было не только спроектировать, но и оснастить всю эту номенклатуру деталей. По уже принятой технологии подготовку производства, отработку режимов высокочастотной закалки проводили на экспериментально-производственном участке ПЛЭН. Одновременно производили наладку преобразовательной подстанции на шесть генераторов с частотами на 8 и 2,5 кГц, и двух установок на частоту 70 кГц.

Вся технология, проверка и доработка оснастки проводилась на экспериментальном участке ПЛЭН (УЭ).

В 1954 г. началась подготовка производства по применению индукционного нагрева в кузнечном производстве. Коллективом ОЭН был спроектирован и совместно с электроцехом изготовлен и внедрен в производство нагреватель-автомат для нагрева венцов маховика под чеканку и калибровку заготовок венца маховика диаметром около 450 мм и сечением примерно 24×26 мм. Вскоре, после создания в 1960 г. базовых лабораторий, началась совместная работа БЛЭН и Базовой лаборатории обработки металлов давлением (БЛОМД) по высадке с электронагревом деталей типа стержней с головками (болты и т.п.). В МЦ-3 был создан специальный участок, где высадка осуществлялась на механических прессах, а нагрев — на однопозиционных нагревательных станциях (ОНС). Для высадки болтов, изготавливавшиеся в больших количествах, процесс высадки был механизирован, а для наиболее массовых деталей — в 1974 г. создан автомат [20, 21].

В 1960 г. начались работы по широкому внедрению индукционного нагрева в кузнице. Не обошлось без досадных курьезов. Так, в цехе горизонтальных ковочных машин (ГКМ) кузницы запроектированной первоначально мощности преобразовательной подстанции хватило только для нагрева заготовок нескольких технологически особо сложных деталей, а в цехе механических ковочных прессов (МКП) все установленные по проекту индукционные нагреватели в одночасье были заменены газовыми печами, потому что в 1965 г. на завод пришел дешевый Дашавский газ. Анализ, проведенный БЛЭН, показал, что для нормальной работы цеха ГКМ мощность на-

гревателей, предусмотренная проектом, должна быть увеличена в 3 раза, а преобразовательной подстанции (ПП) ТВЧ — в 6–7 раз.

По инициативе и под руководством БЛЭН, и в первую очередь М.Р. Слепяна, человека в высшей степени ответственного и организованного, и при поддержке директора завода И.И. Кулешова были осуществлены реконструкции преобразовательной подстанции ТВЧ в цехах МКП и ГКМ и сооружение новой в кузнечно-заготовительном цехе [22]. И.Г. Комаром, Н.Ф. Ладутько, Г.В. Лукинским, М.М. Мовшовичем, В.И. Прицевым, Я.Т. Федоровичем, Б.Н. Хацкевичем, В.Н. Шутом и др. была проведена работа по модернизации и наладке оборудования, внедрению и автоматизации индукционного нагрева в кузнечных цехах. Особо эффективным явилось внедрение высадки одновременно двух участков на заготовке задней полуоси с предварительным их нагревом до заданных температур, осуществленное совместно с технологами БЛОМД и кузницы.

В 1962–1964 гг. завод приступил к серийному выпуску энергонасыщенных универсально пропашных тракторов МТЗ-50 и МТЗ-52. В это же время в кузнечном производстве выстроены высокочастотные подстанции, где силами ОТВЧ было отлажено и введено в эксплуатацию 42 машинных преобразователя для питания 25 индукционных нагревателей. Общая мощность преобразовательных подстанций составила 21 000 кВт.

До 1967 г. «узким местом» в кузнечно-заготовительном цехе была резка толстостенных труб, диаметром до 100 мм на короткие заготовки (втулки, кольца) на резцовых трубоотрезных станках с вращающейся трубой. Целая батарея труборезов едва справлялась с программой, а при поступлении труб с завышенной твердостью происходили сбои в работе. Рационализаторами БЛЭН (В.И. Дмитриевым и др.) было предложено применить горячую резку, для чего заменить резцы дисковыми пилами и нагревать вращающуюся трубу ТВЧ в зоне резки [15, 19]. Взаимное расположение разрезаемой трубы, индуктора и пилы в установке показано на схеме рис. 11.

Внедрение новой технологии в несколько раз сократило время резки и ликвидировало зависимость от качества предварительной термообработки труб. Разработку технологии ВЧ термообработки пил горячей резки, оборудования для этого процесса, а также создание станка для горячей резки проката и внедрение этого комплекса в производство выполнили Н.Ф. Ладутько, В.И. Дмитриев, В.С. Баранов, А.И. Тарарук, Л.В. Кли-

мов, Е.И. Широков, Е.С. Лисков, К.Н. Кошеленков, Я.Т. Федорович.

Процесс упрочнения пил горячей резки проката, позволивший увеличить стойкость инструмента в несколько раз, награжден Серебряной медалью ВДНХ. Общий вид индуктора и расположение в процессе закалки относительно пилы показан на рис. 12.

В 1968 г. назрела необходимость замены установки с контактным нагревом для электровысадки (получения сферического набора металла на конце стержня) установкой с индукционным нагревом. В БЛЭН была изготовлена экспериментальная установка, на которой М.М. Мовшович попытался получить требуемое изделие. Результат оказался отрицательным: набор металла получался вместо сферического — цилиндрический. Когда об этом сказали начальнику кузнечного цеха М.Е. Гаврилову — он обрадовался: для изготовления заготовки торсиона подвески сидения-стержня с цилиндрическими утолщениями на концах кузницы по технологическим ограничениям вынужде-

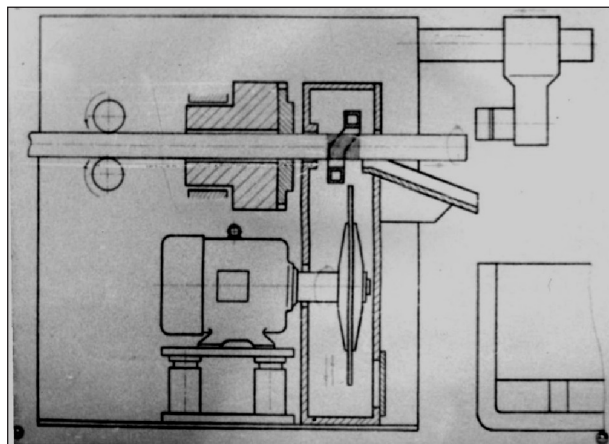


Рис. 11. Схема установки для горячей резки труб с нагревом ТВЧ

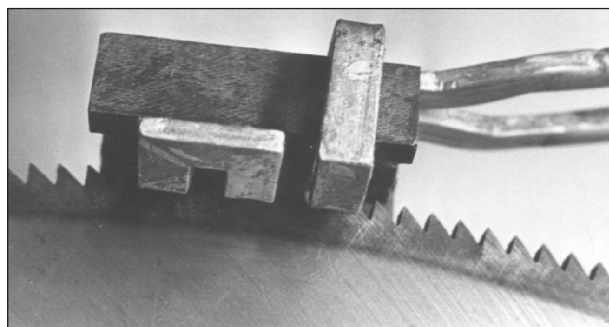


Рис. 12. Общий вид индуктора и расположение в процессе закалки относительно пилы

ны использовать исходный пруток завышенного диаметра, а механики — его обтачивать до нужного размера. Набор металла с индукционным нагревом позволял получить заготовку из прутка окончательного размера. Сотрудники БЛЭН (И.Л. Бейль, И.И. Гончаров, И.Г. Комар, Н.Ф. Ладутько, М.М. Мовшович, В.И. Прицев, В.И. Сорокин, Е.И. Широков, Н.Л. Янюк и др.) спроектировали, отладили и внедрили в производство в 1974 г. специальную установку для свободного набора цилиндрического утолщения диаметром 28 мм длиной 100 мм на прутке, диаметром 16 мм [15].

1970–1974 гг. параллельно с подготовкой производства была разработана проектно сметная документация на строительство преобразовательной подстанции ТВЧ на четыре машинных преобразователя ОПЧ-250/10000. К концу 70-х гг. закончилось строительство, оснащение, отлажена работа оборудования и введена в строй высокочастотная преобразовательная подстанция в МЦ-5. Вся работа по отладке оборудования была проведена сотрудниками лаборатории М.Р. Слепняном, Г.В. Лукинским и И. Каптуром.

Практически одновременно с закалкой на заводе начал применяться ТВЧ нагрев при пайке резцов в инструментальном производстве, а несколько позже — при изготовлении трубопроводов гидросистемы трактора [23, 24]. Применение ТВЧ нагрева взамен газопламенного дало значительный экономический эффект, улучшило условия труда и повысило качество спаянного соединения. В течение нескольких лет изготовление более 80 % трубопроводов гидросистемы было переведено на нагрев ТВЧ, а подготовка производства новых тракторов изначально велась в расчете на пайку с ТВЧ нагревом. Для ТВЧ пайки в МЦ-3 был сооружен специальный участок с 6 ламповыми генераторами ТВЧ. Значительные трудности представляло проектирование оснастки для удержания нескольких (5–6) одновременно нагреваемых труб в индукторе. Дело в том, что трубы разных наименований имеют различную и сложную конфигурацию, соответствующую трассе прокладки трубопровода на тракторе, и, зачастую, большую длину — превышающую 1000 мм. А в приспособлении для пайки они должны надежно удерживаться в заданном положении, быстро устанавливаться и легко убираться. Не зная координат центра тяжести и возможных точек опоры спроектировать такое приспособление было очень сложно. Перед проектированием приспособления путем экспериментов подбирались точки опоры трубки. Такая работа требо-

вала непосредственного участия конструктора, технолога и слесаря, затрачивалось время и материальные ресурсы на изготовление и испытание опытного приспособления с поддержками, но не всегда была удачной и подвергалась неоднократным переделкам. Задача была решена, когда для расчетов была использована ЭВМ, выделенная лаборатории одной из первых на заводе. Расчеты и программу разработал В.Ф. Волчек. Внедрение проектирования на ЭВМ позволило значительно снизить трудоемкость процесса проектирования трубок.

Большой экономический эффект дало разработанное и внедренное В.С. Барановым с участием А.Н. Басальго, В.Ф. Волчка, В.А. Гуриновича, В.И. Прицева и др. устройство для одновременной припайки к бачку масляного радиатора 52 трубок, расположенных в 3 ряда.

Не так широко как индукционный нагрев металлов, но и нагрев диэлектриков также нашел применение на заводе. В 1965 г. закончена отработка технологии и создание специального оборудования сварки чехлов для запасных частей из полихлорвиниловой пленки с резистивным нагревом и нагревом ТВЧ. Общий вид установки для сварки пленки показан на рис. 13.



Рис. 13. Общий вид установки для сварки полихлорвиниловой пленки

Нагрев в поле ТВЧ применен также для сушки стержней в сталелитейном цехе. Активное участие в разработке оборудования и по внедрению этих процессов принимали И.Г. Комар, В.И. Дмитриев, В.А. Гуринович, Я.Т. Федорович, А.Н. Басальго, Э.А. Воронцов, Я.Е. Добис, И.И. Минько.

Служба ТВЧ МТЗ постоянно поддерживала связи с ФТИ АН БССР [17, 25], ВНИИ ТВЧ [26]; сотрудничала с институтами тепло и массообмена, Прикладной физики, БПИ и др.

В процессе производственной деятельности в лаборатории сформировались условия, способствующие творческому подходу к решению производственных задач. Проявление творческой активности ИТР и рабочих является результатом всемерной поддержки этого движения администрацией и общественными организациями. «Узкие места» обсуждались коллективно на активно работающем совете НТО. Ежедневно проводились технические информации. На информационной доске вывешивалось описание «узких мест» для их последующего коллективного обсуждения. Лучшие решения поощрялись и оформлялись рационализаторскими предложениями.

В лаборатории функционировало общественно-конструкторское бюро (ОКБ) и общественно-патентное (ОПБ), деятельность которых осуществлялась во вне рабочее время.

Авторские свидетельства и патенты на изобретения получили Л.С. Космович, В.С. Баранов, В.И. Дмитриев, Н.Ф. Ладутько, К.Н. Кошеленков, В.И. Прицев, В.Ф. Волчек, В.А. Гуринович, Л. Я. Фельдман.

За время существования ПЛЭН коллективом лаборатории было создано около 40 изобретений, многие из которых внедрены в производство и дали большой экономический эффект. Более 20 авторских свидетельств и патентов получено В.С. Барановым. По числу полученных авторских свидетельств и патентов среди коллективов отделов завода ПЛЭН находилась на втором месте, а по числу полученных изобретений среди отделов ИТР на одного работающего — на первом.

Подавляющее большинство руководителей и ведущих специалистов приехали на МТЗ с других городов страны. Здесь набирались молодые специалисты, в основном, техники, может быть и сверх производственной необходимости — для

обучения. Очень скоро из них выросли и ведущие конструкторы, и технологи, и мастера, и начальники подразделений.

Цех укомплектовывали тремя путями: переводом сотрудников термического цеха и молодыми специалистами, прибывшими по распределению после окончания учебного заведения, а также «добровольцами», попавшими в ЦТВЧ в надежде найти «где лучше». Никто из всех категорий не имел специального образования или теоретической подготовки в области высокочастотной электротермии. Учиться надо было на ходу, самостоятельно, без отрыва от производства. Подавляющее большинство специалистов службы ТВЧ МТЗ (ЦТВЧ-ОТВЧ) начинали работу в этой службе техниками (Космович, Ладутько, Слепян и др.) или рабочими (Баранов, Кошеленков, Кошеленкова и др.) и получили высшее образование без отрыва от производства.

За 45 лет через службу ТВЧ МТЗ прошло 150–200 человек, а может быть и больше. Часть из них проработали до пенсии, часть уволилась по объективным причинам, а часть — «не пришла ко двору». О последних сказать нечего, а вот первая и, отчасти, вторая группа — это люди, определившие успехи и создавшие доброе имя БЛЭН – ПЛЭН – ОТВЧ — В.С. Баранов, А.Н. Басальго, В.И. Дмитриев, Я.И. Добис, М.А. Довнар, Н.Ф. Ладутько, В.И. Прицев, М.Р. Слепян, В.И. Сорокин, Я.Т. Федорович, М.Л. Этин, К.Н. Кошеленков.

К сожалению, следует отметить, что если в 50–60-е гг. отдел кадров регулярно направлял в ЦТВЧ, ОЭН, БЛЭН молодых специалистов, то в 70–90-е гг., когда особенно остро ощущалась потребность в подготовке смены специалистам предпенсионного возраста, в ПЛЭН-ОТВЧ были направлены всего несколько человек. Это привело к резкому постарению кадров службы ТВЧ в настоящее время, что, конечно, не способствует повышению эффективности работы. Нет ничего хорошего в том, что с 1987 г. по 1994 г. достигли пенсионного возраста все руководители подразделений ОТВЧ и не всем им была подготовлена достойная замена. Омоложение руководства отдела началось только в 1990 г., когда достигшего пенсионного возраста В.И. Прицева сменил 26-летний В.Ф. Волчек, а в 1991 г. заместителем начальника по производству стал В.А. Гуринович.



Ветераны-энтузиасты развития индукционного нагрева на МТЗ, г. Минск, 1993 г. Задний ряд слева: Гуринович Владимир Александрович, Кошеленков Константин Николаевич, Волчек Владимир Федорович, Космович Лев Степанович, Баранов Владимир Степанович, второй ряд: Кошеленкова Нелли Владимировна, Хоцкевич Борис Никитич, Прицев Виктор Иванович, Этин Михаил Львович, на переднем плане: Космович Нина Антоновна.

Литература

1. Гурченко, П.С. История и направления развития индукционного нагрева ТВЧ на Минском автомобильном заводе / П.С. Гурченко, А.А. Шипко // Литье и металлургия. — 2013. — № 2.
2. Бодяко, М.Н. Термокинетика рекристаллизации / М.Н. Бодяко, С.А. Астапчик, Г.Б. Ярошевич. — Минск, 1967. — 251с.
3. Бодяко, М.Н. Электротермообработка сплавов с особыми свойствами / М.Н. Бодяко, С.А. Астапчик. — Минск: Наука и техника, 1977. — 256 с.
4. Гордиенко, А.И. Структурные и фазовые превращения в титановых сплавах при быстром нагреве / А.И. Гордиенко, А.А. Шипко. — Минск: Наука и техника, 1983. — 335 с.
5. Космович, Л.С. Расширение области применения электронагрева / Л.С. Космович // За новую технику и прогрессивную технологию. — Госиздат БССР. — 1958.
6. Космович, Л.С. Развитие применения индукционного нагрева. / Л.С. Космович // Бюллетень технической информации. — МТЗ. — 1958. — N 4(8).
7. Космович, Л.С. Высоочастотная закалка на Минском тракторном заводе / Л.С. Космович // Пятая республиканская технологическая конференция: тезисы докладов. — Минск, 1959.
8. Космович, Л.С. Высоочастотная закалка в линиях механической обработки деталей / Л.С. Космович // Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение. — ЦИНТИАМ. — 1964. — № 2.
9. Космович, Л.С. Типовая аппаратура управления преобразовательной подстанцией с высокоочастотными машинными генераторами. / Л.С. Космович // Передовой научно-технический и производственный опыт. — ГОСИНТИ. — Москва, 1964. — N 28-64-1275/61.
10. Космович, Л.С. Централизованное питание закалочных станков от машинных преобразователей частоты / Л.С. Космович // Промышленная энергетика. — 1989. — N 10.
11. Устройство для закалки цилиндрических деталей: а.с. / В.И. Дмитриев, Л.С. Космович. — N 190392.
12. Устройство для закалки цилиндрических деталей: а.с. / В.И. Дмитриев, Л.С. Космович. — N 228703.

13. Дмитриев, В.И. Пневматический насос для спрейерной закалки маслом / В.И. Дмитриев, Л.С. Космович // Бюллетень технико-экономической информации. — ГНИИНТИ. — Москва, 1966. — N 3.
14. Космович, Л.С. Высокочастотная закалка шестерен: сб. работ по металлосведению и термической обработке / НТК СНХ БССР. — Минск, 1959.
15. Опыт применения ТВЧ в электротермии / М.Н. Бодяко [и др.] // 8 Всесоюзная конференция по применению ТВЧ в электротермии: тезисы докладов, 15–17 апр. 1975 г.: в 2 ч. / ВНИИТВЧ. — Ленинград, 1975.
16. Исследование технологических параметров высокочастотной закалки ведомых бортовых шестерен трактора МТЗ-80 / М.Н. Бодяко [и др.] // Научно-практическая конференция, посвященная 30-летию МТЗ: тезисы докладов. — Минск, 1976.
17. Космович, Л.С. Изменение твердости стали 50ХГТР при изотермическом отпуске. Прогрессивные методы в машиностроении / Л.С. Космович [и др.]. — Минск: Наука и техника, 1978.
18. Баранов, В.С. Комплексная термическая обработка с индукционным нагревом задних полуосей трактора / В.С. Баранов, Л.С. Космович, А.Л. Парнас // Металловедение и термическая обработка металлов. — 1987. — N 9.
19. Способ управления индукционным нагревом изделий и устройство для его осуществления: а.с. / В.С. Баранов, Л.С. Космович, В.И. Прицев. — N 1305180 // Бюллетень изобретений и открытий. — 1987. — N 15.
20. Автомат для горячей высадки болтов: а.с. / И.Г. Комар [и др.]. — N 1311830 // Бюллетень изобретений и открытий. — 1987. — N 19.
21. Ладутько, Н.Ф., Хацкевич Б.Н. Автомат для горячей высадки головок болтов. Прогрессивные методы в машиностроении / Н.Ф. Ладутько, Б.Н. Хацкевич. — Минск: Наука и техника, 1978.
22. Ладутько, Н.Ф. Перспективы применения индукционного нагрева в кузнечном производстве / Н.Ф. Ладутько // Научно-практическая конференция, посвящ. 30-летию МТЗ: тезисы докладов. — Минск, 1976.
23. Басальго, А.Н. Высокочастотная пайка деталей маслопроводов. Прогрессивные методы в машиностроении / А.Н. Басальго, И.Г. Комар. — Минск: Наука и техника, 1978.
24. Серединский, Е.Е. Пайка с нагревом ТВЧ на Минском тракторном заводе / Е.Е. Серединский // 5 Республиканская технологическая конференция: тезисы докладов. — Минск, 1959.
25. Индукционные адпал прамысловых сталей / М.М. Бадзяка [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларускай ССР. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 1965. — N 1.
26. Тиристорный преобразователь для индукционных установок / Л.С. Космович [и др.] // Электротермия. — 1971. — Вып. 111.
27. Ермоленко, Н.Н. Стеклокристаллический материал для электротермических установок / Н.Н. Ермоленко, З.Н. Шалимо, Л.С. Космович // Промышленность Белоруссии. — 1965. — N 6.
28. Н.Ермоленко, И.Трунец, Л.С.Космович, М.Довнар Использование ситаллов в индукторах высокочастотного нагрева / Н. Ермоленко [и др.] // Промышленность Белоруссии. — 1975. — N 11.

УДК 629.13.014-506.4

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Гриднев Ю.В., Пальцев А.Н., Яцына Ю.Ф., Рак С.А.

Беспилотный летательный аппарат (БЛА) является дистанционно управляемым воздушным объектом сложного замкнутого пространственно-временного авиационного комплекса, в состав которого также входят: наземный пункт управления (НПУ) и радиоканал связи с аппаратурой приема – передачи данных (АППД) (рис. 1)

Бортовая и наземная аппаратура управления комплекса обеспечивает два основных режима полета БЛА:

– автономный полет в автоматическом режиме по контрольным точкам ППМ (поворотного пункта маршрута) с одновременной записью и отправкой телеметрической информации по радиоканалу связи на НПУ;

– полет в полуавтоматическом (автоматизированном) режиме с корректировкой оператором с земли маршрута и полетного задания БЛА.

Перед стартом БЛА оператор с помощью аппаратуры НПУ вводит в бортовой блок управления программу полета (пространственные координаты ППМ и полетное задание для ТВ камеры) и проводит функциональный контроль готовности БЛА к полету. При старте БЛА и его полете по заданному маршруту с бортового блока управления програм-

мы полета на вход пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) поступают команды управления, которые приближают реальное пространственное положение БЛА к заданной траектории полета (рис. 2). Движение центра масс БЛА определяется его связанной системой координат $OXYZ$ и углами курса ψ , крена γ и тангажа ϑ , относительно земной системы координат $Ox_d Y_d Z_d$, а также заданной кинематической траекторией полета, которая проходит через точку старта и поверхность Π .

Управление полетом БЛА в заданную точку пространства осуществляется контурами систем автоматического управления (САУ), которые отслеживают бортовую программу полета по кинематической траектории. При этом САУ по курсу, крену и тангажу в процессе полета БЛА совмещает центр масс БЛА с кинематической траекторией полета с ошибкой управления Δ , которая обусловлена инерционностью контура управления. Если параметры заданной кинематической траектории представить в виде вектора \overline{KT} , а пространственное реальное положение БЛА вектором $\overline{БЛА}$, то в задачу всех контуров САУ БЛА входит совмещение этих пространственно-временных векторов с ошибкой не более

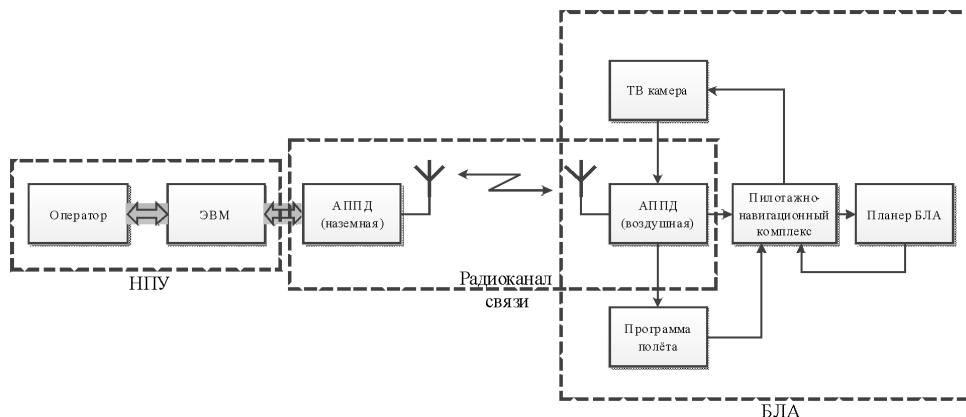


Рис. 1. Структурная схема авиационного комплекса БЛА

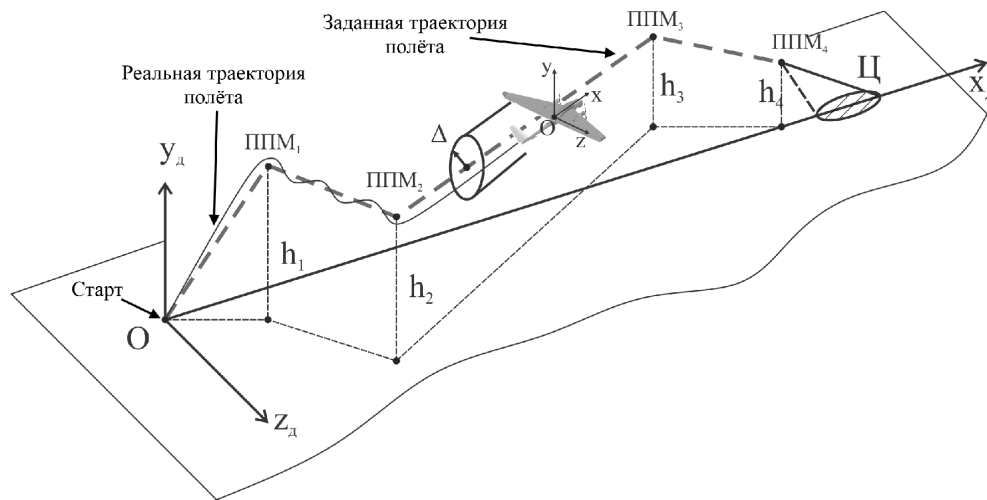


Рис. 2. Схема движения планера БЛА

$$\bar{\Delta} \geq \overline{KT} - \overline{БЛА}, \quad (1)$$

т.е. БЛА в процессе управления полетом должен находиться внутри диаметра трубы ошибки наведения 2Δ .

Для обеспечения требуемой точности работы контуров САУ и управления полетом БЛА необходимо выполнить следующие условия:

- устойчивость движения БЛА как объекта управления на всех этапах полета;
- высокое качество переходных процессов контуров САУ БЛА на всех этапах и режимах полета.

Устойчивость любого контура САУ БЛА определяется запасами устойчивости по амплитуде (полосе контура) и по фазе. При проектировании САУ рекомендуется выбирать запас устойчивости по амплитуде не менее 6 дБ, а по фазе — не менее 30–45°.

Планер БЛА является сложным нелинейным динамическим звеном со множеством входных и выходных параметров (рис. 3), где входами являются углы поворота рулей направления δ_{PH} , высоты δ_{PB} и элеронов δ_{ρ} , вектор силы \overline{F} , вектор моментов \overline{M} и вектор возмущения \overline{N} . И соответственно выходами являются углы Эйлера поворота БЛА в пространстве (α — угол атаки, ϑ — тангаж, γ — крена, ψ — рысканья), вектор скорости \overline{V} , вектор ускорения \overline{W} и вектор угловой скорости.

Количественные оценки управления полетом БЛА и контуров САУ БЛА можно определить, если известны передаточные характеристики ПНК и планера БЛА. При описании математической модели планера БЛА как объекта управления будем считать, что его движение можно разделить на две составляющие: движение центра масс и вращение вокруг него. Каждая из этих

двух составляющих обладает тремя степенями свободы и управляется силами тяги и рулями БЛА. Дифференциальные уравнения движения БЛА в векторной форме имеют вид:

$$\begin{cases} m \left[\frac{d\overline{V}}{dt} + (\overline{\omega} \cdot \overline{V}) \right] = \overline{R} \\ \frac{d\overline{K}}{dt} + (\overline{\omega} \cdot \overline{K}) = \overline{M} \end{cases}, \quad (2)$$

где \overline{V} — вектор скорости центра масс БЛА; \overline{R} — вектор внешних сил; $\overline{\omega}$ — вектор мгновенной угловой скорости вращения системы координат БЛА $OXYZ$ относительно системы $Ox_d Y_d Z_d$; \overline{M} — вектор главного момента всех внешних сил; \overline{K} — вектор кинематического момента БЛА.

Векторные уравнения сил и моментов (2) при проектировании их на оси координат описываются двенадцатью дифференциальными уравнениями первого порядка, из них: три уравнения сил; три уравнения моментов; три кинематических соотношения для углов Эйлера и три кинематических соотношений для линейных координат. Рассмотрим вывод уравнений продольного движения БЛА в вертикальной плоскости (рис. 4)

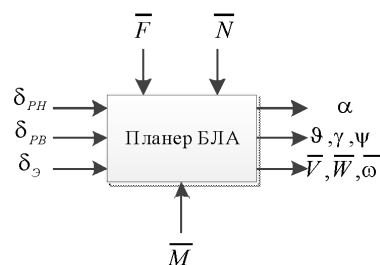


Рис. 3. Представление планера БЛА

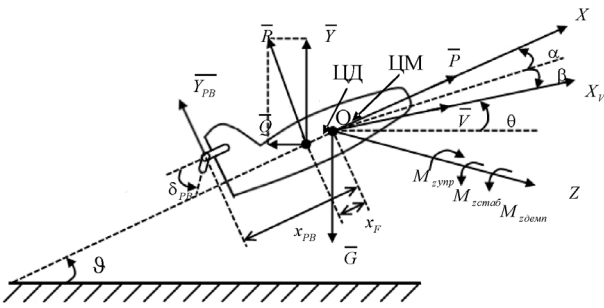


Рис. 4. Силы и моменты действующие на планер БЛА

К центру масс БЛА (ЦМ), движущемуся в атмосфере, приложены сила тяжести \bar{G} , сила тяги двигателя P (вдоль продольной оси корпуса OX) и полная аэродинамическая сила \bar{R} , возникающая при взаимодействии БЛА с набегающим потоком воздуха. Для управления полетом БЛА силу тяги двигателя P и полную аэродинамическую силу \bar{R} можно изменять как по величине, так и по направлению.

При анализе сил, действующих на БЛА в полете, пользуются связанной $OXYZ$ и скоростной $OX_vY_vZ_v$ системами координат.

Задача управления полетом БЛА при его продольном движении сводится к управлению углом тангажа θ . При этом, управление полетом БЛА осуществляется с помощью изменения силы тяги двигателя P , совпадающей по направлению с продольной осью БЛА и положением руля высоты (угла δ_{PB}). Изменение силы тяги двигателя P поворачивает БЛА в вертикальной плоскости вокруг оси OZ за счет изменяющегося вращающего момента. Кроме того, на БЛА действуют сила тяжести G , направленная вертикально и полная аэродинамическая сила $\bar{R} = \bar{Y} + \bar{Q}$, как равнодействующая всех аэродинамических сил, которая определяется подъемной силой \bar{Y} , и силой лобового сопротивления \bar{Q} . Аэродинамические силы приложены к центру давления (ЦД), который для нормальной схемы планера БЛА находится позади ЦМ на расстоянии x_F . Подъемная сила, как составляющая полной аэродинамической силы, перпендикулярна вектору скорости БЛА, и определяется по формуле:

$$Y^\alpha = C_y \frac{\rho V^2}{2} S_d = C_y^\alpha \frac{\rho V^2}{2} S_d \alpha = Y^\alpha \alpha, \quad (3)$$

где $C_y = C_y^\alpha \alpha$ — коэффициент подъемной силы, определяющийся через его производную C_y^α и угол атаки α ; $q = \frac{\rho V^2}{2}$ — скоростной напор воздуха с учетом плотности воздуха и скорости; S_d — пло-

щадь поверхности крыла и части фюзеляжа БЛА, которые и создают подъемную силу.

Сила лобового сопротивления действует в направлении, противоположном оси OX

$$Q = C_x \frac{\rho V^2}{2} S_Q, \quad (4)$$

где C_x — коэффициент лобового сопротивления; S_Q — наибольшая площадь поперечного сечения фюзеляжа, перпендикулярного набегающему потоку воздуха.

Управляющая сила руля высоты приложена к фокусу крепления руля, расположенного на расстоянии x_{PB} позади ЦМ, и определяется как

$$Y_{PB} = C_y^{PB} \frac{\rho V^2}{2} S_{PB} = C_y^{\delta_{PB}} \frac{\rho V^2}{2} S_{PB} \delta_{PB} = Y^{\delta_{PB}} \delta_{PB}. \quad (5)$$

Учитывая расстояние x_F между ЦМ и ЦД в процессе полета БЛА возникает общий аэродинамический момент \bar{M} , который проецируется на оси $OXYZ$ связанной системы координат.

$$\bar{M} = \bar{M}_x + \bar{M}_y + \bar{M}_z. \quad (6)$$

Момент тангажа M_z вращает БЛА вокруг оси OZ в вертикальной плоскости и зависит от угла поворота руля высоты δ_{PB} , угла атаки α и угловой скорости вращения БЛА в вертикальной плоскости ω_z . С учетом направления вращения БЛА вокруг оси OZ , момент тангажа M_z может быть представлен тремя слагаемыми

$$M_z = M_z^\delta \delta_{PB} - M_z^\alpha \alpha - M_z^{\omega_z} \omega_z, \quad (7)$$

где $M_z^\delta, M_z^\alpha, M_z^{\omega_z}$ — частные производные от момента тангажа по соответствующим аргументам.

Первое слагаемое выражения (7) является управляющим моментом и зависит от угла поворота руля δ_{PB} и расстояния x_{PB} от центра масс до фокуса руля:

$$M_{zупр} = M_z^\delta \delta_{PB} = C_y^\delta \frac{\rho V^2}{2} S_{PB} \cdot x_{PB} \cdot \delta_{PB}. \quad (8)$$

Второе слагаемое выражения (7) является стабилизирующим моментом и зависит от угла атаки α и расстояния x_F от ЦД до ЦМ:

$$M_{zстаб} = M_z^\alpha \alpha = C_y^\alpha \frac{\rho V^2}{2} S_\alpha x_F \alpha. \quad (9)$$

Третье слагаемое является демпфирующим моментом и представляет собой момент сопротивления, который возникает при вращении БЛА в потоке воздуха:

$$M_{zдемп} = M_z^{\omega_z} \omega_z = C_y^{\omega_z} \frac{\rho V^2}{2} S \frac{b^2}{V} \omega_z. \quad (10)$$

Пространственные движения БЛА определяются уравнениями сил, моментов и кинематики полета. Уравнение силы описывает перемещение ЦМ в вертикальной плоскости согласно рис. 4

$$F_y = mW_y \approx Y^\alpha \alpha + P\alpha \pm Y^\delta \delta_{PB}. \quad (11)$$

При $\delta_{PB} = 0$ получим вертикальное ускорение $W_y = \frac{Y^\alpha + P}{m} \alpha$.

Уравнение моментов, согласно закона динамики вращательного движения, может быть представлен в виде:

$$J_z \ddot{\Theta} = M_z^{\delta_{PB}} \delta_{PB} - M_z^\alpha \alpha - M_z^{\omega_z} \omega_z, \quad (12)$$

где J_z — момент инерции БЛА относительно OZ.

Уравнение кинематики описывается:

– уравнением связи углов $\Theta = \theta + \alpha$;

– скоростным уравнением $\begin{cases} \dot{x}_o = V \cos \theta \\ \dot{y}_o = V \sin \theta \end{cases}$.

Для получения передаточной функции канала тангажа планера БЛА по углу атаки α необходимо получить зависимость $\alpha = f(\delta_{PB})$ с учетом динамики вращения БЛА вокруг оси OZ, т.к.

$K(p) = \frac{\alpha(p)}{\delta(p)}$. Для этого используем уравнения

моментов и сил (11),(12) с учетом уравнений кинематики. Предварительно представим нормальное ускорение в вертикальной плоскости в виде $W_y = V \cdot \dot{\theta}$ и получим:

$$\begin{aligned} F_y &= mV\dot{\theta} = (Y^\alpha + p)\alpha, \\ \dot{\theta} &= \frac{Y^\alpha + p}{mV} \alpha. \end{aligned} \quad (13)$$

Введем обозначение $T_g = \frac{mV}{Y^\alpha + p}$ — аэродинамическая постоянная времени БЛА.

Из уравнений кинематики можно записать:

$$\begin{aligned} \Theta &= \theta + \alpha, \dot{\Theta} = \dot{\theta} + \dot{\alpha}, \ddot{\Theta} = \ddot{\theta} + \ddot{\alpha} \\ \omega_z &= \dot{\Theta} = \frac{\alpha}{T_g} + \dot{\alpha}, \ddot{\Theta} = \frac{\dot{\alpha}}{T_g} + \ddot{\alpha}. \end{aligned} \quad (14)$$

Подставим полученные значения углов и их производных в основное уравнение динамики вращения БЛА вокруг оси OZ (12)

$$J_z (\ddot{\theta} + \ddot{\alpha}) = M_z^\delta \delta - M_z^\alpha \alpha - M_z^{\omega_z} (\dot{\theta} + \dot{\alpha}). \quad (15)$$

В последнем уравнении разделим вход δ и выход α , и раскроем значения всех углов и их производных:

$$J_z (\ddot{\alpha} + \frac{1}{T_g} \dot{\alpha}) + M_z^{\omega_z} (\dot{\alpha} + \frac{1}{T_g} \alpha) + M_z^\alpha \alpha = M_z^\delta \delta. \quad (16)$$

Сгруппируем одинаковые члены относительно α в виде:

$$J_z \ddot{\alpha} + (\frac{J_z}{T_g} + M_z^{\omega_z}) \dot{\alpha} + (M_z^\alpha + \frac{M_z^{\omega_z}}{T_g}) \alpha = M_z^\delta \delta \quad (17)$$

и запишем последнее уравнение с учетом преобразования Лапласа $\dot{\alpha} = p\alpha, \ddot{\alpha} = p^2\alpha$

$$J_z p^2 \alpha + a_2 p \alpha + a_1 \alpha = M_z^\delta \delta, \quad (18)$$

где $a_2 = \frac{J_z}{T_g} + M_z^{\omega_z}, a_1 = M_z^\alpha + \frac{M_z^{\omega_z}}{T_g}$.

Из последнего уравнения нетрудно записать передаточную характеристику канала тангажа БЛА по углу атаки α :

$$K_\alpha(p) = \frac{\alpha(p)}{\delta(p)} = \frac{M_z^\delta}{a_1 (1 + \frac{a_2}{a_1} p + \frac{J_z}{a_1} p^2)}. \quad (19)$$

Выражение (19) показывает, что передаточная характеристика канала тангажа планера БЛА соответствует колебательному звену:

$$K_\alpha(p) = \frac{K_\alpha}{1 + 2\xi T_g p + T_g^2 p^2}, \quad (20)$$

где

$$K_\alpha = \frac{M_z^\delta}{a_1} = \frac{M_z^\delta}{M_z^\alpha + \frac{M_z^{\omega_z}}{T_g}} = \frac{M_z^\delta T_g}{M_z^\alpha T_g + M_z^{\omega_z}} \approx \frac{M_z^\delta}{M_z^\alpha} = \frac{S_\delta x_\delta}{S_\alpha x_F}$$

коэффициент передачи канала, который определяется отношением площади руля к площади крыла с учетом их плеч относительно ЦМ;

$$T = \sqrt{\frac{J_z}{a_1}} = \sqrt{\frac{J_z}{M_z^\alpha + \frac{M_z^{\omega_z}}{T_g}}} \approx \sqrt{\frac{J_z}{M_z^\alpha}} = \sqrt{\frac{J_z}{C_y^\alpha q S_\alpha x_F}}$$

постоянная времени;

$$\xi \approx \frac{Y^\alpha + P}{2mV} \sqrt{\frac{J_z}{M_z^\alpha}} \text{ — коэффициент демпфирования.}$$

Передаточную характеристику канала тангажа можно записать с учетом связи углов θ и α :

$$\Theta(p) = \theta(p) + \alpha(p) = \frac{1}{T_g p} \alpha + \alpha = \alpha \left(\frac{1 + p T_g}{p T_g} \right). \quad (21)$$

В итоге общая передаточная характеристика планера БЛА канала тангажа определяется выражением:

$$K_g(p) = \frac{\Theta(p)}{\delta(p)} = \frac{K_\alpha (1 + p T_g)}{p (1 + 2\xi T_g p + T_g^2 p^2)}, \quad (22)$$

где $K_g(p) = \frac{K_\alpha}{T_g}$ — коэффициент передачи канала тангажа.

Передаточная характеристика канала курса ψ соответствует уравнению (22), но со своими коэффициентами: K_ψ вместо K_α, T_ψ вместо T, ξ_ψ вместо ξ и T_g^ψ вместо T_g .

Для получения передаточной характеристики канала крена рассмотрим вращение БЛА вокруг продольной оси, которое описывается уравнением моментов:

$$J_x \dot{\omega}_x = M_x^{\delta} \delta_3 - M_x^{\omega_x} \omega_x + M_{K.O.}, \quad (23)$$

где J_x — момент инерции БЛА относительно продольной оси; $M_{K.O.}$ — момент косой обдувки как возмущающее воздействие.

Входным управляющим воздействием на БЛА по каналу крена является угол поворота элеронов δ_3 , а выходным — угол крена γ , тогда с учетом $\omega_x = \dot{\gamma}$, $\dot{\omega}_x = \ddot{\gamma}$ и отсутствия косой обдувки передаточная характеристика канала крена планера БЛА определяется как:

$$K_\gamma(p) = \frac{\gamma(p)}{\delta(p)} = \frac{K_\gamma}{p(1 + pT_\gamma)}, \quad (24)$$

где $K_\gamma = \frac{M_x^{\delta}}{-M_x^{\omega_x}}$ — коэффициент передачи канала

крена; $T_\gamma = \frac{J_x}{-M_x^{\omega_x}}$ — постоянная времени.

ПНК включает в себя совокупность датчиков информации, инерциальную систему БИНС, систему автоматического управления полетом БЛА в виде автопилота (АП) с тремя каналами Эйлера (курса, тангажа, крена), каналами стабилизации высоты и скорости полета (рис. 5). Программные устройства формируют сигналы, задающие программу для ориентации БЛА в пространстве и для перемещения его ЦМ. Датчики угловых скоростей (ДУС) — гироскопы и датчики линейных ускорений (ДЛУ) — акселерометры измеряют пространственные и угловые скорости БЛА вокруг ЦМ и его линейные ускорения. Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) в блоке ориентации определяет

пространственные углы Эйлера и навигационные параметры в блоке навигации. Автопилот (АП) состоит из усилителей — преобразователи, которые являются динамическими звеньями АП, и приводов рулей, элеронов с цепями обратной связи (ОС). АП обеспечивает стабилизацию и управление угловым положением БЛА. При стабилизации движения БЛА относительно ЦМ на вход АП с программы ориентации поступают требуемые программные углы Эйлера $\psi_m, \vartheta_m, \gamma_m$ и с БИНС блока ориентации поступают реальные углы $\psi_p, \vartheta_p, \gamma_p$. В АП формируются сигналы разности входных углов $\Delta\psi, \Delta\vartheta, \Delta\gamma$, которые с помощью замкнутых следящих систем изменяют положение БЛА в пространстве, так, чтобы эти сигналы разности были равны нулю. При управлении угловым положением БЛА на вход АП с программы движения ЦМ поступают сигналы, согласно заданной кинематической траектории полета БЛА, программные изменяющие во времени, а с блока навигации БИНС — сигналы реального положения БЛА в пространстве. Сформированные ошибки Δ этих сигналов с помощью замкнутых систем АП обеспечивают полет БЛА по заданной кинематической траектории.

Автопилот контура управления полетом БЛА является частью САУ полетом БЛА и входит в состав каналов управления углами Эйлера: курсом, тангажом, креном, высотой и скоростью. В простейшем случае каналы углов Эйлера имеют одинаковую структуру и независимы между собой, что позволяет при безинерционном рулевом приводе представить канал тангажа как на рис. 6.

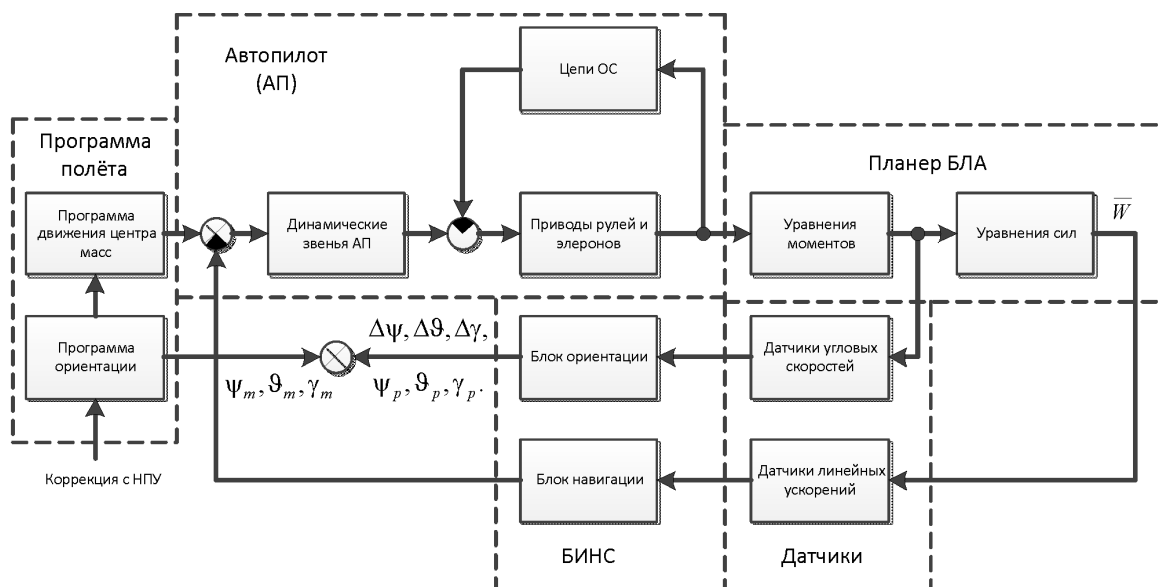


Рис. 5. Структурная схема ПНК

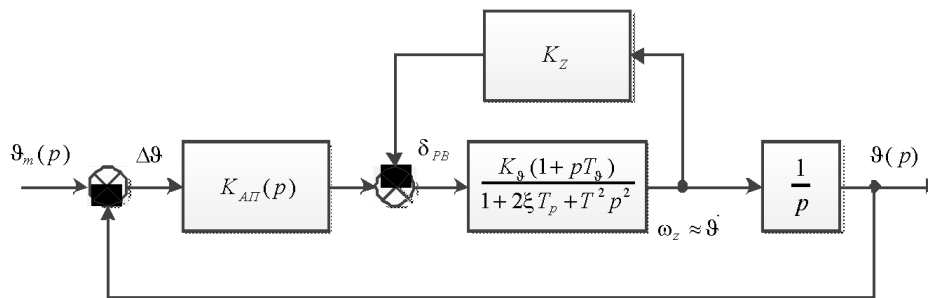


Рис. 6. Канал тангажа автопилота

Чтобы контур САУ по тангажу с автоматическим демпфером был астатическим (не имел бы ошибки по положению относительно полезного сигнала и помех), передаточную характеристику АП в PID-регуляторе выбирают в виде $K_{АП}(p) = K_o + \frac{K_i}{p}$.

Передаточная характеристика замкнутого контура САУ канала тангажа определяется передаточными характеристиками АП и планера БЛА

$$K_o(p) = \frac{K_{АП}(p)K_g(p)}{1 + K_{АП}(p)K_g(p)}. \quad (25)$$

Контур САУ при заданных ошибках управления должен обеспечивать высокое качество переходных процессов и минимальные ошибки слежения установившего режима полета БЛА. Существенным недостатком известных АП является ухудшение их точностных характеристик при изменении (замене) планера БЛА с известными параметрами его передаточной характеристики.

Предложенные авторами Гриднев Ю.В., Пальцев А.Н., Яцына Ю.Ф., Рак С.А. (НПЦ «БАК и технологии») новые схемы робастных автопилотов [4], [5] устраняют вышеуказанные недостатки.

Литература

1. Бодир, В.А. Системы управления летательными аппаратами / В.А. Бодир — М.: «Машиностроение», 1973. — 506 с.
2. Крутько, П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления: цикл лекций / П.Д. Крутько. — М.: «Машиностроение», 2004. — 576 с.
3. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами / Л.С. Гуткин [и др.]. — М.: «Советское радио», 1968. — 679 с.
4. Робастный автопилот канала тангажа: пат. на карысную мадэль №8404 от 24.11.2011 / В.А. Малкин [и др.].
5. Робастный автопилот канала крена: пат. на карысную мадэль №9229 от 12.09.2012 / В.А. Малкин [и др.].

ТРЕНАЖЕРЫ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

(Разработки в спортивной инженерии)

Павлович А.Э.

Любой спортивный тренажер имеет главный элемент — нагрузочное устройство. Традиционно — это блок грузов, пружина, эластомер, маховик или фрикционный механизм.

Эффективность работы тренажеров с такими устройствами недостаточна из-за высокой инерционности создаваемой нагрузки, которая может привести к травмам и не позволяет спортсмену достигнуть желаемого результата. Опыты показывают, что в обычных тренажерах инерционные силы искажают показатели сопротивления, особенно при высоких скоростях.

В то же время, биомеханика движений тренирующегося имеет свою специфику. Она заключается в том, что постоянно возникают быстротечные изменения векторов скорости и усилий, создаваемых спортсменами. Это накладывает свой отпечаток на условия проектирования специальных средств по отработке техники выполнения приемов в определенном виде спорта.

Для решения этой проблемы предлагается применять в качестве нагрузочных устройств силовые цилиндры с пневмоприводом. В результате оснащения тренажеров пневматической системой их работа, в сравнении со спортивными тренажерами, в которых применены другие системы нагружения, становится бесшумной. Существенно возрастает максимальное усилие создаваемое на тренажере, уменьшаются его вес и габариты, появляется возможность плавного и комфортного изменения нагрузки и, что самое важное, пневмопривод обеспечивает безинерционность этой нагрузки.

На рис. 1 показана принципиальная схема пневмотренажера на основе патента № 2580 У Республики Беларусь, предназначенного для специальной тренировки и отработки технических приемов в армрестлинге (борьбе на руках).

Устройство позволяет обрабатывать различные технические приемы с созданием необходимой нагрузки и сопротивления, динамики и направления воздействия на биоэвенья.

«Рука соперника» представляет собой регулируемую по высоте стойку 1 с двумя шарнирами — 2 «локоть» и 3 «кисть», которые поджаты фрикционными поршнями 4 и 5. Шарнир 2 закреплен в блоке 6, соединенном с пневмоцилиндром 7, а шарнир 3 жестко связан с рукояткой 8. Регулировка нагрузки на штоке пневмоцилиндра 7, на поршне 4 шарнира 2 и на поршне 5 шарнира 3 осуществляется с помощью редукторов давления 9, 10, 11 и отслеживается с помощью силомеров 12. Для экспериментальных исследований рабочих характеристик тренажера в схему введены тензометрические датчики 14, которые встроены в рукоятку 8, фрикционные поршни 4, 5 и в эластичную опору 15. Давление в пневмоприводе регистрируется с помощью потенциометрических датчиков 16, а биометрические параметры руки тренирующегося — с помощью специальных повязок 17. Съём необходимых электросигналов проводится с помощью измерительного устройства 18.

Для отработки кистевых движений предварительно задают необходимую высоту и положение стойки 1, а также положение рукоятки 8. Затем устанавливают максимальное значение давления редукторами 9, 10 для стопорения блока 6 и шарнира 2 от перемещений. После этого редуктором 11 устанавливают необходимую нагрузку сопротивления перемещению рукоятки 8 и, воздействуя на нее, осуществляют отработку необходимых движений. При этом в процессе выполнения упражнений можно изменять силовой режим сопротивления рукоятки 8 тем же редуктором 9.

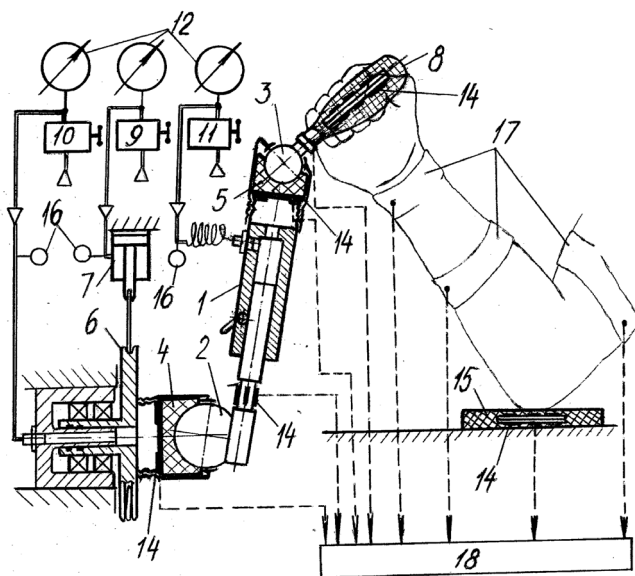


Рис. 1. Принципиальная схема спортивного тренажера с пневматическим приводом для армрестлинга:

- 1 — стойка регулируемая; 2 — шарнир «локоть»; 3 — шарнир «кисть»;
- 4, 5 — фрикционные поршни; 6 — блок; 7 — пневмоцилиндр; 8 — рукоятка;
- 9–11 — редукторы давления;
- 12 — силоизмерители; 14 — тензодатчики;
- 15 — опора; 16 — датчики давления;
- 17 — повязки для измерения биометрических показателей мышц руки;
- 18 — регистрирующая аппаратура

Для отработки движений предплечья манипуляции с редукторами 9–11 аналогичны, только здесь «стопорят» шарнир 3 рукоятки 8, а шарнир 2 освобождают от фиксации.

Для имитации сопротивления руки соперника это делают для блока 6, фиксируя шарниры 2 и 3.

Другое применение пневмопривода представлено на принципиальной схеме (рис. 2) тренажера по совершенствованию движений и развитию силы, силовой выносливости спортсменов. Выполнение упражнений на таком тренажере заменяет традиционные жимы, толкания штанги из различных положений (лежа, сидя и стоя).

На таком тренажере можно плавно изменять нагрузочный режим на грифе 3 через регулирование редуктором 5 давление сжатого воздуха в силовых пневмоцилиндрах 4 с отслеживанием величины нагрузки через силоизмеритель 7. При этом, за счет регулируемых по высоте ограничителей 9 обеспечивается безопасность выполнения жимов лежа, а также начальное нижнее положение снятого грифа 3 со стоек 2. Кроме того, сам спортсмен при необходимости может уменьшить величину нагрузки, даже во время выполнения упражнения. Это делается за счет нажатия пальцем на кнопку сброса атмосферного клапана, встроенного в гриф 3.

Характер движения биозвеньев спортсмена на таких тренажерах — от медленного и плавного до взрывного.

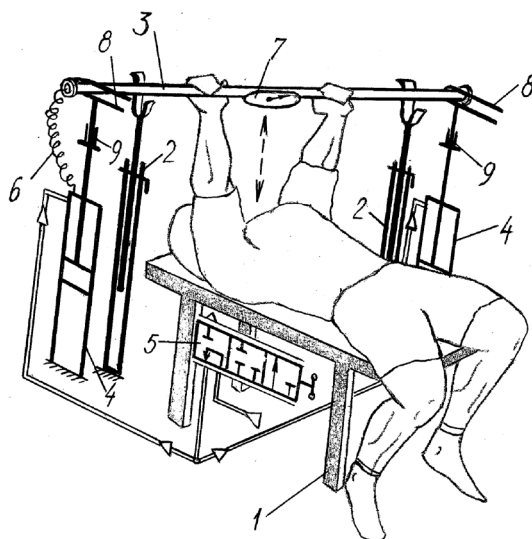


Рис. 2. Принципиальная схема тренажера с пневмоприводом для отработки жимов в атлетических видах спорта:

- 1 — скамья; 2 — стойки регулируемые по высоте;
- 3 — гриф; 4 — пневмоцилиндры; 5 — редуктор давления; 6 — соединительный шланг;
- 7 — силоизмеритель; 8 — направляющие грифа 3;
- 9 — ограничители хода штоков цилиндров 4

Пневмопривод также может эффективно применяться и в других разнообразных тренировочных устройствах, служащих как для общего оздоровления, так и для профессиональной подготовки в любом виде спорта.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ: БОБРУЙСКАЯ КРЕПОСТЬ

Клеванец Ю.В.

«Подъезжая (к Бобруйску) по дороге из Москвы и Могилева, прежде всего мы видим за рекой длинные крепостные валы с многочисленными фортами и еще большим числом амбразур. Дальше из-за крепостных верхов видны крыши казенных строений, купола церквей, шпили колоколен — местность действительно прекрасная! По наплавному мосту через Березину вы въезжаете в крепостные ворота и перед вами во все стороны расходятся красивые тополиные аллеи, там и сям видны большие крепостные строения, из которых многие выделяются украшениями и стройностью архитектуры. Всюду чистота и аккуратность чрезвычайные.

Но вот вы пересекли крепость, выезжаете через западные ворота и... перед вами потянулись жалкие избенки и грязные вонючие улицы... Вы с сожалением оглядываетесь на крепость и чувствуете, что только она, эта грозная крепость, поддерживает этот жалкий городишко, давая ему возможность сделать разнообразной свою промышленность больше, чем это можно делать во всяком городе губернии».

Так писалось о Бобруйске и крепости в середине XIX в. Как возникла эта твердыня, мы узнаем, если рассмотрим события, предшествовавшие наполеоновскому вторжению.

Итак, в 1807 г. императоры России и Франции заключили посреди Немана так называемый Тильзитский мир. Однако в высших эшелонах власти обеих стран никто, по-видимому, не сомневался в том, что это лишь временное соглашение, которое рано или поздно должно было прерваться новой войной.

Как сам царь, так и Главнокомандующий русской армией Барклай де Толли, а возможно, и другие высшие чины армии и государства уже понимали, что в прямом военном столкновении Наполеона одолеть нельзя. Следовательно, грядущая война по всем обстоятельствам должна стать для России войной оборонительной. По-видимому, тогда впервые было употреблено словосочетание «скифская тактика», то есть уход от решительных сражений, маневрирование, затягивание военных действий, расчет на неготовность противника к зиме.

Исходя из такой постановки задачи, оборона страны должна стать не скалой, но болотом, затягивающим вражеские войска.

В 1810 г. Генеральный штаб отправил на территорию современных республик Прибалтики, на

Украину и в Белоруссию несколько десятков офицеров инженерных войск для определения мест под строительство линии крепостей. Одним из этих офицеров был поручик Теодор Нарбут. Его задачей было обследовать Верхнее Поднепровье в районе Рогачева и Быхова.

Молодой офицер по прибытии на место ревностно взялся за дело. Однако вывод, который он сделал по результатам изучения местности, выходил за рамки предписания: крепость лучше всего строить не в Быхове, не в Рогачеве, а в Бобруйске.

Доводы Нарбута были такими.

Первое. Вся Минская губерния (Бобруйск был тогда в Минской, а Рогачев и Быхов в Могилевской губернии) неудобна как для размещения, так и для прохождения войск. Территория, за исключением окрестностей губернского города, малолюдна, покрыта лесами и заболочена. Четыре реки — Птичь, Свислочь, Березина и пограничная Друть — текут с севера на юг, имеют достаточно большую протяженность, широкие и в большей части заболоченные поймы.

Второе. Наличествуют всего две приличные дороги в направлении восток — запад, это Брест — Минск — Орша и Брест — Бобруйск — Могилев. Почти на всем своем протяжении в Минской губернии эти дороги представляют собой узкие лесные дефиле (слово «дефиле» имело 200 лет назад

иной смысл, чем теперь), что опять же затрудняет перемещение больших масс войск, но дает простор для всякого рода партизанских действий.

Третье. Обе дороги проходят мимо Быхова и Рогачева, тогда как Бобруйск стоит на одной из них и, соответственно, крепость, будь она там построена, запрет эту дорогу. На другой же дороге могут совершать диверсии летучие отряды из крепости, а в случае опасности — отходить назад.

Четвертое. Снабжение гарнизона можно вести по Березине. Противник, даже захватив берега реки, вряд ли сможет совершенно пресечь сообщение крепости с южными губерниями, поскольку ширина поймы в нижнем течении более двух километров, пойма покрыта густым лесом и заболочена.

Пятое. Для штурма крепости противник должен будет собрать большие военные силы, которые в окрестностях Бобруйска нельзя ни разместить, ни прокормить. В то же время даже и самый успешный штурм не приблизит решение стратегической задачи — овладение столицами империи.

Таким образом, крепость в Бобруйске была бы для Наполеона гирей на ноге или занозой, которую очень трудно выдернуть.

Молодой офицер горячо отстаивал свою точку зрения, его поддержал генерал-инспектор инженерных войск барон Карл Опперман. Решение о строительстве было быстро принято, тогда же был составлен план, земляные работы в Бобруйске начались уже 04.06.1910 г.

По плану крепость в Бобруйске представляла собой мощный военный объект. Основой его стали восемь кирпичных фортов с тяжелой артиллерией. Форты были прикрыты основным земляным валом, состоящим из бастионов и куртин. Внутри валов находились склады и погреба для боеприпасов. В главной линии валов были ворота: Рогачевские, Слуцкие, Минские, водяные. Со стороны поля валы были защищены системой люнетов, редутов, рвов, палисадов и «волчьих ям». На речке Бобруйке следовало построить плотину со шлюзами для заполнения рвов водой. Пруд перед плотинной — дополнительное препятствие для противника.

Под землей во все стороны расходились саперные галереи для противодействия подкопам и для вылазок в тыл противника. Прилегающая к крепости территория не должна была застраиваться — это были артиллерийские полигоны. За полигонами, на расстоянии не менее одной версты, допускалось только деревянное строитель-

ство, причем фундаменты домов должны были быть не выше 40 см.

На правом берегу Бобруйки для прикрытия плотины предполагалось возвести деревянное укрепление — форштадт. А на восточном берегу Березины — тет-де-пон («голова моста» — франц.). Общая длина основной линии обороны 3,8 км, площадь внутри крепостных валов — около 1 км².

Крепость строилась прямо на месте старинного города Бобруйска, часть жителей была выселена за периметр укреплений, однако и в 1812 г. внутри линии валов еще сохранялась частная застройка. Во время работ были разрушены или перестроены в пороховые погреба католический монастырь, костел и православная церковь.

В июне 1810 г. в крепости работало 1295 человек. В августе для ускорения работ сюда было переведено 12 батальонов инженерных войск. Все военные части были сведены в резервную дивизию под командованием генерал-майора Игнатьева, входящую в корпус генерал-лейтенанта Эртеля.

Кроме военных на земляных работах были заняты тысячи крепостных крестьян из Минской, Могилевской и Черниговской губерний.

На зиму в Бобруйске остались только те работники, что были заняты деревянным строительством. Техническим руководителем работ был сначала генерал-майор-инженер Фелькерзам, а после его смерти — полковник-инженер Федоров.

С марта 1811 г. в крепости снова оживились работы, и к концу этого года все основные укрепления были построены. Настало время для подвоза пушек и боеприпасов к ним, заполнения пороховых погребов, складов продовольствия и обмундирования.

Всего в Бобруйск было направлено: пушек в 24 фунта — 37 штук, 18-фунтовых — 37, 12-фунтовых — 86, 6-фунтовых — 55, коронад (это пушка небольшого калибра без колес) — 24, мортир 5-пудовых — 15, 2-пудовых — тоже 15 штук. Пушки отправлялись в Бобруйск из Шлиссельбургской и Кексгольмской крепостей водным путем через Двину волоком в Березину.

С началом военных действий часть солдат из Бобруйска была направлена в действующую армию, и из них была сформирована гренадерская дивизия генерала Воронцова. В крепости осталось всего 4000 человек.

Генерал-майор Игнатьев по окончании строительства стал комендантом крепости и как таковой, потребовал от местных властей, во-первых,

перегнать в Бобруйск все имеющиеся плавсредства с рек Свислочи и Березины.

Во-вторых, он приказал останавливать и направлять в крепость всех конных охранников, сопровождавших обозы в Бобруйском и Игуменском уездах.

В-третьих, Игнатьев наладил учебу в гарнизоне, солдат инженерных войск переучивали в артиллеристы.

В-четвертых, специальные команды из крепости объезжали деревни и имения уезда, отбирая там продовольствие и фураж. Всем помещикам, экономам, арендаторам предписывалось выполнять только приказы коменданта Бобруйска под страхом смерти, а местечки и деревни, где бы кто-либо не подчинился приказам коменданта, предписывалось сжигать. Игнатьев требовал от всех землевладельцев и должностных лиц уезда организовывать бегство в леса всего населения при приближении французов. При этом он все-таки не доверял местному дворянству и населению вообще, что можно понять из следующего пункта приказа: каждый из местных жителей, кто попадет с оружием в руках, будет немедленно расстрелян.

Игнатьев поддерживал постоянную связь с корпусом Эртеля и с отступающей по Бобруйской дороге 2-ой русской армией Багратиона. При подходе отступающих к Бобруйску он приказал отправить им навстречу обоз хлеба и фуража.

Армия Багратиона задержалась в Бобруйске 3 дня, после чего направилась на Могилев, забрав из гарнизона около 1300 солдат и оставив в крепости более 1500 раненных и больных. Багратион, кроме того, приказал генералу Эртелю выделить из своих сил для усиления крепости 4 сотни казаков. Так что общая численность гарнизона даже увеличилась.



В уцелевших фортах крепости Бобруйский детско-юношеский туристский центр проводит соревнования по скалолазанию и спортивному ориентированию. Фото из архива центра

Вслед за 2-ой русской армией к Бобруйску подошел преследовавший ее французский корпус генерала Латур-Мобура. Французы, по-видимому, сначала намеревались осадить крепость, а для этого сделали попытку отогнать от нее на юг корпус Эртеля. Латур-Мобур захватил Рогачев, однако дальнейшие его действия были пресечены приказом Наполеона немедленно выступить к Москве. Под Бобруйск же были направлены поляки из 17-ой дивизии генерала Домбровского. Сил этой дивизии было недостаточно для штурма или регулярной осады (так, из артиллерии было всего 20 пушек), поэтому Домбровский решил просто контролировать дороги под Бобруйском.

Генерал Эртель без особой спешки и без особых усилий заставил уйти польские заслоны с дорог к югу и западу от города. Польский же гарнизон в местечке Свислочь продержался там до ноября 1812 г., после чего ушел по Минской дороге, преследуемый частями корпуса Эртеля.

Бобруйская же крепость, пробыв 4 месяца в тылу противника, превратилась в перевалочную базу, в место сбора резервов русской армии.

ЭМИГРАЦИЯ

Часть четвертая

(продолжение)

Клеванец Ю. В.

2. Американские вертолеты Сикорского

Итак, попав в очередную зону экономической турбулентности, Сикорский в 1938 году обратился к шефам из «Юнайтед Эйркрафт» с предложением строительства вертолета. Надо заметить, что в инициативном порядке кое-какие работы велись на его фирме уже 8 лет. Сейчас же конструктор, подошедший к некоему рубежу в этой деятельности, решил легализовать проект. На разработку была запрошена совсем маленькая сумма — 30 тыс. долл. Руководство одобрило работы с условием, что они не будут мешать производству агрегатов для «Воут». Наш герой, пожилой человек, вновь пошел в неизведанное с энергией, невероятной и для более молодых.

К концу 1930-х гг. вертолетами занимались несколько организаций в СССР, США, Франции, Германии, Англии. Все теоретические вопросы были уже разобраны в работах Бориса Юрьева (в будущем — академика) еще до революции. Осталось решить инженерные задачи: победить непобедимые вибрации, создать надежный редуктор, решить специфические вопросы прочности длинных вращающихся валов, совместить систему управления с возможностями человека.

Усилия исследователей и инженеров не были напрасными. В 1932 г. вертолет Черемухина (СССР) поднялся на высоту 605 м. Через пять лет вертолет Фокке (Германия) показал скорость 123 км/ч, высоту 2439 м и дальность полета 230 км. Испытывала эту машину известная тогда летчица Хана Райч. Аппараты Фокке Fa-223 (фирма «Фокке Ангелис») и Fl-282 (фирма «Флеттнер») приняли участие во Второй Мировой войне, хотя, как и прочие «вундерваффены», не помогли немцам переменить ее ход.

Но вернемся к нашему герою. Как и в молодости, Сикорский, разработав конструкцию, сам принял участие в испытаниях. Работа была не для слабонервных: сразу же дали себя почувствовать резонансные колебания. 14.09.1939 г. конструктор впервые взлетел на своем детище, но говорить о том, что вертолет готов, было еще рано. Доработки продолжались и продолжались, только в мае 1940 г.

Сикорский впервые взлетел без привязи. 20 мая наш герой получил свидетельство пилота вертолета — первое в Америке. В августе того же года Сикорский решился на полет на дальность и пролетел 250 метров.

Несколько слов о конструкции. Она была простейшей формой из тонкостенных стальных трубок. Главный винт не имел автомата перекоса, зато хвостовых управляемых винтов было два — в вертикальной и в горизонтальной плоскостях. Простейшая конструкция помогла ее автору выиграть время: ведь нужно было обогнать конкурентов. Разработчики достаточно быстро справились с центровкой машины, что позволило ей взлетать и садиться без склонности завалиться на бок или на хвост. Это привлекло внимание заказчика — соперники пока не решались на подъем и висение в воздухе. Однако аппарат категорически «не хотел» лететь вперед. На все попытки увеличить скорость он отвечал усиливающейся тряской. Необходим был автомат перекоса.

Последовали новые доработки. В начале 1941 г. командованию авиационного корпуса армии США стало ясно, что фирма Сикорского ближе прочих соискателей военного заказа подошла к реализации аппарата, который требовался военным. Работы стали финансироваться из военного бюджета. Уже в апреле того же года вертолет Сикорского VS-300 продержался в воздухе дольше, чем машина Фокке. Однако борьба с колебаниями в конструкции все продолжалась, а победа была еще далеко.

Осенью 1943 г. первый экспериментальный вертолет Сикорского налетал 102 ч, полностью исчерпал свой ресурс и был передан в музей. В это время уже окончились испытания второго аппарата, который, по замыслам создателя, был уже пригоден для армейской эксплуатации. Работы над ним начались в марте 1941 г. Заводской индекс новой машины S-47, военный индекс XR-4. В дальнейшем в этой работе будут указываться только заводские индексы, поскольку в разных родах вооруженных сил США были приняты свои обозначения, кроме того, на какую-то часть разра-

боток Сикорского были проданы лицензии в разные страны мира. Лицензионные самолеты выпускались под отдельными индексами. Если их все перечислять, то мы просто перегрузим короткий очерк разнообразными аббревиатурами.

Итак, S-47 был рассчитан на перевозку двух человек и разрабатывался под мотор в 165 л. с. 14.01.1942 г. эта машина впервые оторвалась от земли, а в апреле того же года была представлена военному заказчику. Военным аппарат понравился, они взяли его для армейских испытаний.

Вертолет перегнали в испытательный центр в Дейтоне своим ходом. При этом было покрыто расстояние в 1200 км за 16 ч 10 мин летного времени. Армейские испытания начались 30 мая и успешно окончились 22 декабря. Сикорский получил от армии контракт на производство 22 машин. Всего было построено 30 вертолетов (вместе с исследовательскими). Они были переданы в части армии США, Береговой охраны США, армии Великобритании. В рамках армейских испытаний отработывалось применение вертолетов на флоте и в полярных условиях. В отличие от немецких машин — «птеродактилей», аппарат S-47 имел классический «вертолетный» вид. Маленькая кабина с большой площадью остекления, широкие «автомобильные» двери, двигатель с редуктором за спиной пилота в центральном отсеке, далее — длинная и тонкая хвостовая балка с рулевым винтом. Детский вопрос: а почему вертолет не похож на самолет? Зачем вообще нужно превращать хвост в балку? Дело в том, что следует стремиться по возможности уменьшить «омываемую» несущим винтом площадь фюзеляжа, ведь при этом «омывании» поток тормозится, КПД винта падает.

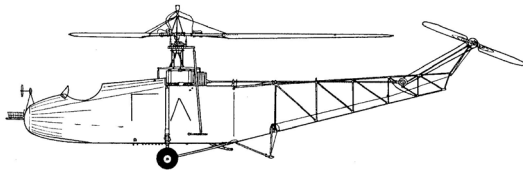
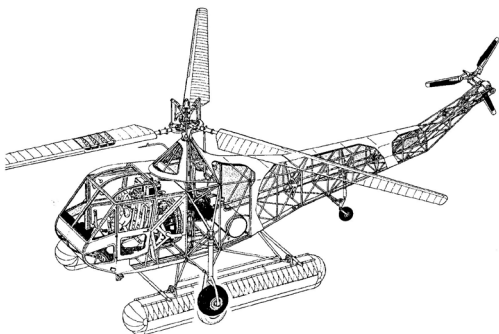


Схема VS-300



Вертолет S-47 — компоновка

С 1944 г. вертолеты S-47 приняли участие в боях в Бирме. Там летчик Харман перевез на вертолете 18 раненых и был награжден крестом «За выдающиеся заслуги». Кроме Бирмы S-47 использовались во время боев на Окинаве и на Филиппинах.

Фирма Сикорского, набрав контрактов на производство вертолетов, распродалась с фирмой «Воут». Главный конструктор напористо развивал успех своей первой боевой машины. К концу 1943 г. был готов новый вертолет S-48 с двигателем в 450 л. с. Это была уже более солидная боевая машина с максимальной скоростью 178 км/ч, дальностью 370 км, потолком 4300 м, взлетной массой 2200 кг. Экипаж из двух человек. Кресла в кабине располагались друг за другом. S-48 послужил прототипом для советского вертолета Ми-2, который эксплуатируется и сегодня. Испытания этого вертолета завершились в конце 1944 г., после чего он был передан в серийное производство. Всего построено 34 машины.

Далее Сикорский пошел по уже опробованному пути, сделав уменьшенный вариант S-48 под индексом S-49. Новый аппарат по размерам повторял S-47, но был оснащен более мощным двигателем в 245 л. с. Два члена экипажа сидели в кабине бок-о-бок. Кроме более мощного двигателя S-49 отличался от S-47 применением новейших на тот момент магниевых сплавов и пластиков. Стекла кабины представляли собой поверхности двойной кривизны и формовались в автоклавах. Хвостовая балка шла снизу фюзеляжа. Масса взлетная 1320 кг, скорость 161 км/ч, дальность 185 км, потолок 3 км. В 1945 г. началось серийное производство. Всего построено 198 вертолетов этого типа. Они поставлялись в ВВС США, Береговую охрану США, Королевские ВВС Англии.

Всего за годы войны было произведено около 400 вертолетов Сикорского, что больше, чем во всех прочих фирмах Америки и всего мира вместе взятых. Однако война закончилась, конструктору вновь надо было думать о будущем фирмы.

Сикорский попытался сделать ставку на спортивные клубы, гражданских перевозчиков и частных владельцев. Как следствие такого решения в 1946 г. появился вертолет S-51. Он имел такой же, как у S-48, двигатель, но более просторную кабину на 4-х человек. Скорость новой машины была 240 км/ч, дальность — до 420 км. Вертолетом заинтересовалась почтовая служба, а за ней — полиция и гражданские авиакомпании. Вслед за ними контракт на поставку был заключен и с американским флотом. Об этом надо отдельно сказать несколько слов.

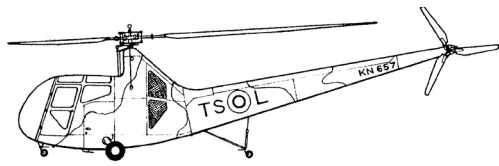


Схема S-49

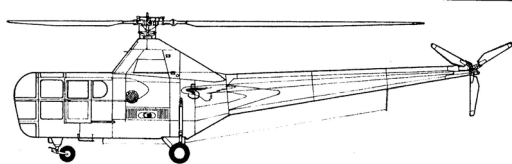


Схема S-51

В 1945 г. Тихоокеанский флот США представлял собой крупнейшую в мире армаду из 600 надводных кораблей и нескольких сотен подводных лодок. Только разного вида авианосцев было 90 единиц. Несмотря на то, что экипажи самолетов авианосных соединений проводят дни в постоянных тренировках взлетов и посадок, все равно эти эволюции намного более сложные, чем в «сухопутных» условиях. Время от времени на каждом из авианосцев происходили аварии и катастрофы. Поэтому флотские специалисты, едва получив доступ к S-47 во время его испытаний, тут же попробовали его в качестве спасателя экипажей аварийных авианосных самолетов. Получив более мощные S-51, эта работа была продолжена. Теперь и учебные полеты, и боевая работа на авианосце должны были начинаться с того, что в воздух поднимался вертолет и кружил над кораблем до тех пор, пока все самолеты не уйдут на выполнение задания. Точно так же выполнялись и посадки. С флотских S-51 было проведено несколько успешных спасательных операций. Кроме того, было признано, что от вертолета не могут спрятаться подводные лодки, даже если идут на глубине. Машина Сикорского понравилась морякам. Вслед за ними контракты на поставку заключили армия, Корпус морской пехоты, Береговая охрана.

Вертолет широко применялся во время Корейской войны. Было заявлено, что в «вертолетные» времена 80–90 % солдат, получивших тяжелые ранения в бою, умирали, поскольку их не успевали довести до госпиталя. Теперь же те 80–90 % выживали. Особенный резонанс получали случаи, когда американским вертолетчикам удавалось вывезти к своим экипажи подбитых самолетов, вынужденно приземлившихся на территории противника.

С помощью вертолетов Сикорского американцы высаживали десанты, подвозили боеприпасы, пищу и пополнения на передний край, ставили минные заграждения на море, корректировали

огонь артиллерии. С S-51 в тыл противника высаживались агенты и диверсанты ЦРУ. Вертолет показал себя неприхотливым и живучим под огнем. Соответственно, производство ширилось. Заказы на S-51 стали приходиться из Австралии, Англии, Аргентины, Венесуэлы, Голландии, Канады, Египта, Франции. Всего было изготовлено 379 машин этого типа. Англия приобрела лицензию на производство и построила еще 140 вертолетов.

Однако конкурентная борьба на рынке не позволяла почивать на лаврах пожилому конструктору. Сикорский все-таки надеялся привлечь внимание спортсменов и мелких частных перевозчиков. Несмотря на успехи S-51 на гражданском поприще, для «частников» он все-таки был дорог. Для них почти одновременно с S-51 разрабатывались S-50 и S-52. Оба этих вертолета были как бы уменьшенными копиями S-48 (взлетная масса 745 кг). Особенно интересен с технической точки зрения S-52. Если S-50 в части конструкции и материалов повторял прежние решения, то на S-52 широко применялись магниевые сплавы, была изменена конструкция несущего винта. На прежних машинах лопасти винта представляли собой конструкцию из дюралевого лонжерона с фанерными нервюрами и обшивкой. На S-52 вся лопасть была металлической. При этом лонжерон представлял собой цельную D-образную дюралевую трубу, наружная поверхность которой была поверхностью носка лопасти. Кабина с обширным остеклением была похожа на лампочку.

Первые полеты маленьких вертолетов состоялись в 1947 г. Надежды на реализацию их среди частников не оправдались — и эти аппараты были слишком дороги. Однако неожиданно S-52 «приглянулся» американским ВВС. Новый перспективный заказчик потребовал увеличить емкость баков и мощность двигателя. В результате появился аппарат S-52-1 с мотором в 245 л. с. и взлетной массой 950 кг. Этот вариант вертолета мог выполнять фигуры высшего пилотажа, что и было неоднократно продемонстрировано заказчику. Скорость равнялась 195 км/ч, потолок 5700 м, дальность 400 км. Однако чины ВВС пересмотрели свои требования решив, что им нужнее 3–4-х местных вертолеты. Соответственно, был изготовлен S-52-2 с увеличенной кабиной. Скорость снизилась до 178 км/ч, высотность — до 3660 метров. ВВС все-таки купили 4 таких машины.

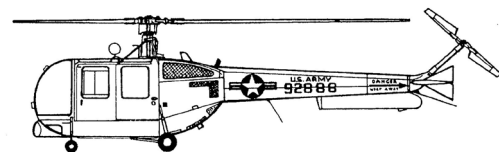


Схема S-52

Столь же неожиданно, как и ВВС, на S-52-2 предложил контракт Корпус морской пехоты. Ему потребовалось 89 машин. Таким образом, и этот аппарат пошел в серийное производство. Всего было изготовлено 97 S-52 разных вариантов. Вертолеты Корпуса морской пехоты применялись во время Корейской войны в качестве спасательных и разведывательных.

На одном из S-52 Сикорский опробовал реактивный двигатель. Эта машина получила индекс S-52-4. Мотор доставили из Франции (фирма «Турбомека»). На этом вертолете стоял трехлопастный несущий винт, как и на всех прочих машинах Сикорского. Однако для того, чтобы лучше использовать возможности реактивного двигателя, было решено применить четырехлопастный винт меньшего диаметра. Вертолет с таким винтом получил индекс S-59. Этот последний установил мировой рекорд скорости для вертолетов — 250 км/ч. Тем не менее, аппараты с реактивными двигателями так и остались опытными, заказов на них не последовало.

Вертолеты типа S-52, закупленные военными, после окончания Корейской войны были переданы в учебные подразделения и эксплуатировались там еще много лет. Отдельные машины дожили и до 80-х гг.

Однако успех вертолетов S-51 и S-52 на рынках последовал в результате Корейской войны. А в промежутке между войнами у фирмы Сикорского, как и во всей авиационной промышленности США, ощущалась некоторая нестабильность. Для того, чтобы окончательно упрочить свое положение, почти 60-летний Сикорский решил устроить свой коронный «ход конем», начал проработку возможности создания большого вертолета.

В 1949 г., имея уже некоторый запас идей и решений, наш герой обратился к шефам с предложением профинансировать разработку вертолета со взлетной массой более 3-х т. Руководство «Юнайтед Эйркрафт» обратилось за консультацией к специалистам. Тут повторилась ситуация 36-летней давности: экспертные оценки были в целом скептическими. Знатоки дружно считали, что вертолеты уже достигли пределов своих возможностей. Только личным убеждением и обаянием пожилой конструктор получил на разработку от головной корпорации требуемые 5 млн долл. (в скобках приведем пример совсем из другой области: когда журналист спросил у Пикассо, важнее для успеха ЧТО ты рисуешь или КАК ты рисуешь, художник ответил — важнее всего КТО рисует).

Деньги были получены с условием, что все работы по проектированию и изготовлению опытного образца должны быть завершены к 4 ноября, или всего через шесть месяцев с начала финан-

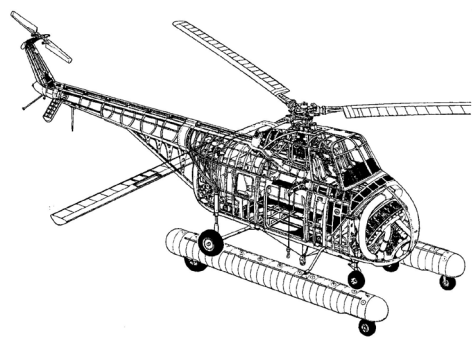
сирования. Другой человек воспринял бы такое решение как насмешку, но не наш герой. Работа велась в условиях аврала. Сикорский подавал в этом пример для своих подчиненных. А ведущий конструктор Сергей Глухарев и вообще работал по 18 ч ежедневно.

По своей конструкции новая машина была этапной как для фирмы Сикорского, так (это выяснилось позднее) и для всего мирового вертолетостроения. Мощный звездообразный мотор «Пратт-Уитни» в 600 л. с. было решено разместить спереди, как на автомобиле. Двигатель был развернут задом наперед, его вал был направлен вверх-назад под углом в 45°. Промежуточный вал проходил между креслами двух пилотов к редуктору, размещавшемуся за спинами экипажа. Весь низ фюзеляжа, кроме переднего моторного отсека, отдавался под размещение груза. Вертолет мог перевезти отделение солдат с вооружением, либо груз не менее 1 т.

Новое решение было заложено в конструкцию несущего винта. Как и на S-52, и на других ранних машинах, винт был трехлопастный. Лопасты были цельнометаллические, с D-образными лонжеронами. Но теперь внутреннюю полость лонжеронов решено было сделать герметичной. Лонжерон наддувался избыточным давлением, и винт с наддутыми лопастями устанавливался на вертолет. В случае повреждения лонжерона лопасти (прострел, трещина) давление выравнивалось с окружающей средой, а на комле лопасти выскакивал специальный подпружиненный флажок-«солдатик».

Вертолет был готов строго в срок, и на момент создания оказался самым большим в мире. Испытания длились до лета 1950 г. Машиной заинтересовались ВВС для обслуживания аэродромов стратегической авиации на Аляске (об этих аэродромах и о стратегических бомбардировщиках Б-36 «Писмэйкер» журнал «Инженер-Механик» уже писал). Но первую партию в 10 машин заказал все-таки флот. Более крупный, чем S-51, S-55 мог стать спасателем, базирующимся на авианосцах, вести поиск подводных лодок. На него можно было возложить противолодочную борьбу. При этом вертолеты летали в паре: один нес довольно тяжелый сонар, который периодически опускал на тросе в воду, а второй — глубинные бомбы.

Следующим заказчиком, уже на 60 машин, стал Корпус морской пехоты США. В это время началась Корейская война, и вертолеты Сикорского отправились на фронт. После нескольких удачных опытов применения S-55 в условиях боевых действий командование корпуса решилось на довольно сложные десантные операции, чем внесло вклад в военную тактику. В одном случае вертолетами была переброшена в тыл противника рота



Вертолет S-55 — компоновка

в 224 человека да плюс 8 т оружия и снаряжения, а в другом — уже батальон в 958 солдат и 104 т разных грузов для них.

Американские СМИ умело разнесли информацию об успехах своей морской пехоты на весь мир. Соответственно, у Сикорского выстроилась очередь из покупателей. 1952 г. стал удачным для фирмы: только на S-55 были получены заказы на 300 машин. В Америке заказчиками были, кроме морской пехоты и флота, Армия США, военно-воздушные силы и береговая охрана. У главного конструктора прибавилось новых, уже приятных хлопот: производство расширялось, на окраине Статфорда строился новый завод.

В том же 1952 г. был получен Сертификат летной годности на вертолет S-55 для гражданского применения. Машину закупили несколько авиакомпаний США, а также полиция и почтовая служба. Нефтяные компании приобретали тот же аппарат для обслуживания своих вышек и платформ на морском шельфе.

Пресса «постсоветского пространства» много писала о военных учениях 50-х гг. в СССР, когда войскам давался приказ пройти через территорию, пораженную атомным взрывом. Такие же учения в то же самое время проводились и в США. В них участвовали вертолеты S-55, с которых высаживались десанты в зону поражения.

Литература

1. Михеев, В.Р. Сикорский / В.Р. Михеев, Г.И. Катышев. — СПб, 2003.
2. Дузь, П.Д. История воздухоплавания и авиации в России (до 1914 г.) / П.Д. Дузь. — М., 1979.
3. История воздухоплавания и авиации в СССР. — М., 1944.
4. Дузь, П.Д. История воздухоплавания и авиации в России (1914 — 1918) / П.Д. Дузь. — М., 1989.
5. Сикорский, И.И. Воздушный путь / И.И. Сикорский. — М., 1998.
6. Шавров, В.Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 г. / В.Б. Шавров. — М., 1994.
7. Клаз, И. Потомству в пример / И. Клаз. — Минск, 1978.
8. Кувшинов, С.В. Этапы эволюции процесса проектирования самолетов / С. В. Кувшинов // Исследования по истории и теории авиационной и ракетно-космической техники. Вып. 5. — М., 1986.
9. Авиация в России. — М., 1988.
10. Никольский, М. Икары российского неба / М. Никольский. — Ногинск, 2005.
11. Бычков, В. Русский воздушный богатырь / В. Бычков // Крылья Родины. — 1987. — № 4.

С 1954 г. вертолеты S-55 стали оснащать автопилотами. В следующем году группа вертолетов впервые в мире перелетела Атлантический океан. Маршрут был разбит на этапы: Лабрадор — Гренландия — Исландия — Шотландия. Трасса в 6500 км была пройдена за 42 ч летного времени. Самый длинный отрезок пути был равен 1508 км. Это тоже мировой рекорд.

Фирма шла в гору. Если в успешном 1952 г. там работало 2500 человек персонала, то в 1957 г. — уже 11 тысяч. Всего в Америке за 12 лет была произведена 1281 машина типа S-55 в вариантах: десантный, спасательный, противолодочный, пассажирский, грузовой, пожарный, сельскохозяйственный, пограничный, для лесной службы и для геологов. Кроме самих Соединенных Штатов вертолет стоял на вооружении и применялся в гражданских целях более чем в 40 государствах мира. Лицензию на его производство купила Великобритания, где было построено 400 вертолетов. Эти машины, кроме самой Англии, экспортировались в 13 стран мира. Также по лицензии вертолет производился во Франции и в Японии, где построили 87 и 71 машину соответственно.

S-55 стал прототипом советского вертолета Ми-4. Всякий, кто посмотрит на эти две машины, увидит несомненное сходство. Только Ми-4 имел двигатель намного более мощный, грузоподъемность его также была в два раза большей.

Основные параметры вертолета S-55 таковы. Мощность двигателя поначалу 550 л. с., затем 600 л. с., далее — 700 л. с. Кабина рассчитана на двух пилотов и 8–10 пассажиров или десантников. Взлетная масса 3100–3300 кг, скорость 162–186 км/ч, потолок 3200–4120 метров, дальность 635–750 км. Благодаря разработке S-55 пожилой конструктор мог сказать, что вышел победителем из жизненных передрыг и не переживать за будущее своего производства, он сделал все возможное для его процветания.