

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ

межотраслевой
производственно-практический

ЖУРНАЛ

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК



Белорусский металлургический завод, Жлобин

№ 3 (68)

сентябрь

2015

К статье «Концепция применения БАК МЧС «Буревестник» в интересах Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»



Рис. 1. Беспилотный летательный аппарат из состава БАК МЧС «Буревестник»



Рис. 2. Схематичное изображение мониторинга местности при помощи БАК МЧС «Буревестник»

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 3 (68)
июль – сентябрь
2015

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

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

Главный редактор академик С.А. Астапчик

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

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодин-
ская, 4)

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

е-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 29.09.2015.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать цифровая.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 150 экз. Заказ № 343.

Цена номера договорная.

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

Лицензия ЛП № 02330/152 от 14.04.2014 г.

220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.

СОДЕРЖАНИЕ

Юбилей

Станислав Александрович Астапчик.....2

Разработки ученых и специалистов

Концепция применения БАК МЧС «Буре-
вестник» в интересах Министерства по
чрезвычайным ситуациям Республики
Беларусь.....4

Диагностирование автомобильной базы
машин инженерного вооружения.....9

Мультисенсорные измерительные системы
на базе индуктивных измерительных пре-
образователей.....16

Материалы конференции «Совре- менные методы и технологии соз- дания и обработки материалов»

Энергосберегающая и экологически без-
опасная технология сборки многожилных
медных проводов с кабельными наконеч-
никами для карьерной техники.....20

Применение борирования в порошковой
среде для упрочнения стальных деталей
различного назначения.....24

Разработка составов защитных антикорро-
зионных покрытий для сушильных вагонет-
ток керамических производств.....29

Защитные элементы корпуса плуга.....33

Выставка

Генеральная ассамблея Международной
Электротехнической Комиссии.....39

Из истории авиации

Труженик неба.....43

СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ АСТАПЧИК (К 80-летию со дня рождения)



7 сентября 2015 года исполнилось 80 лет известному ученому в области материаловедения и организатору науки академику Национальной академии наук Беларуси Астапчику Станиславу Александровичу. Его трудовая деятельность началась в 1960 году в Физико-техническом институте Академии наук после завершения учебы на физическом факультете Белорусского государственного университета. В Физтехе он прошел все ступеньки роста — от старшего инженера до директора, стал кандидатом технических наук (1966), доктором технических наук (1980), профессором, академиком НАН Беларуси (1986).

Астапчик С.А. является авторитетным ученым в области физики метастабильных состояний, фазовых и структурных превращений, термокинетики рекристаллизации, гомогенных и гетерогенных диффузионных процессов с подвижной и неподвижной границами. Широкое признание получили фундаментальные научные труды Астапчика С.А. в области физики фазовых и структурных превращений при воздействии интенсивных потоков энергии, опубликованные в монографиях «Термокинетика рекристаллизации», «Возврат-полигонизация», «Мартенситно-

стареющие стали», «Электротермообработка сплавов с особыми свойствами». Научные разработки стали основой для создания общих методологических принципов превращений в многофазовых материалах при скоростном нагреве, позволившие решать задачи скоростной упрочняющей и разупрочняющей термообработки для различных материалов — сверхпрочных мартенситностареющих сталей, высокопрочных нержавеющей сталей аустенитного, мартенситного и переходного классов, коррозионноустойчивых пружинных, электротехнических и магнитных сплавов, трансформаторной и автолистовой сталей, двойных и сложных силуминов. Впервые в мировой практике Астапчиком С.А. вместе с учениками разработаны процессы скоростной электротермообработки многокомпонентных дисперсионноотверждающих сплавов, разработана новая технология непрерывного совмещенного с обезуглероживанием рекристаллизационного отжига холоднокатаной трансформаторной стали, созданы высокоэффективные технологии отжига автолиста.

За создание научных основ, разработку и промышленное внедрение технологических процессов термического упрочнения сталей и сплавов в 1986 году Астапчик С.А. в авторском коллективе был удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники.

Работы последних лет связаны с исследованием и развитием научных и технологических аспектов поверхностной модификации материалов с использованием мощных потоков лазерного излучения и плазменного воздействия. Под руководством С.А. Астапчика созданы и внедрены в производство высокоэффективные технологические процессы и оборудование лазерной резки и сварки, лазерного упрочнения и восстановления быстроизнашивающихся деталей авиакосмической, автомобильной и сельскохозяйственной техники. Результаты работ по этой тематике обоб-

шены и представлены в монографии «Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке». Всего же по результатам исследований Астапчиком С.А. опубликовано более 140 научных работ, в том числе 7 монографий, более 35 авторских свидетельств и патентов.

Им подготовлено 15 кандидатов и 5 докторов наук в Беларуси, России и Украине, из которых двое стали академиками и один — членом-корреспондентом Академии наук.

Астапчик С.А. всегда успешно сочетал исследовательскую научную работу и деятельность по руководству научными коллективами. Его директорство, продолжавшееся ни много ни мало 19 лет, захватило сложный период в истории страны. В условиях сокращения финансирования и дестабилизации научного процесса руководимому Астапчиком С.А. Физико-техническому институту удалось не только сохранить тематику научных направлений и костяк ведущих специалистов, но и развернуть работы по новым перспективным научным направлениям. Научные и практические заделы, разработанные в ту пору, позволяют Физтеху и теперь оставаться одним из ведущих научных центров государства.

На протяжении 10 лет — с 1987 по 1997 гг. — Станислав Александрович являлся академиком-секретарем Отделения физико-технических проблем машиностроения и энергетики (ныне ФФТН) Национальной академии наук Беларуси. На этом посту им вложено немало сил в развитие исследований и разработок по приоритетным направлениям науки и техники — машиностро-

ении, энергетике, создании новых материалов, приборостроении, приняты тысячи непростых решений, в том числе касающихся человеческих судеб...

В разные годы Станислав Александрович активно работает в научных экспертных советах и секциях, редколлегиях научных журналов, является научным руководителем научных и научно-технических государственных программ, председателем специализированного совета по защите докторских диссертаций.

Активная научная и научно-организационная деятельность Астапчика С.А. неоднократно отмечалась государственными наградами. За заслуги в развитии науки и техники, внедрении результатов исследований в народное хозяйство, подготовку кадров он награжден орденами Октябрьской революции, Знак почета, орденом Почета, многочисленными медалями и почетными грамотами. В 2001 году ему присуждено звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь».

Одно из ярчайших личностных качеств Астапчика Станислава Александровича — удивительное сочетание широчайшей профессиональной эрудиции, аналитического ума и энциклопедических знаний с тонким пониманием и глубоким знанием литературы и искусства. Несмотря на наличие многих наград и регалий, он остается демократичным и доступным, не перестает удивлять коллег и друзей активной жизненной позицией, широтой интересов, темпераментом и остротой оценок, принципиальным и при этом доброжелательным отношением к окружающим.

Коллектив Физико-технического института, ученики, коллеги и друзья сердечно поздравляют дорогого юбиляра с 80-летием и желают ему крепкого здоровья, успехов во всех начинаниях, благополучия, мира и добра.

629.735.-519

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БАК МЧС «БУРЕВЕСТНИК» В ИНТЕРЕСАХ МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Якшинок П.П., Яцына Ю.Ф., Щавлев А.А., Максимова М.В.

*Научно-производственный центр «Беспилотные авиационные комплексы и технологии»
ФТИ НАН Беларуси*

1 Чрезвычайные ситуации и их мониторинг

Под чрезвычайной ситуацией (далее — ЧС) принято понимать обстановку, сложившуюся в результате аварии, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь за собой человеческие жертвы, вред здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей [1].

По характерам происхождения ситуаций, которые могут обусловить возникновение ЧС на территории РБ, различают [2]:

- ЧС техногенного характера — транспортные аварии (катастрофы), пожары, неспровоцированные взрывы или их угроза, аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных химических, радиоактивных, биологических веществ, внезапное разрушение сооружений и зданий, аварии на инженерных сетях и сооружениях жизнеобеспечения, гидродинамические аварии на плотинах, дамбах и других инженерных сооружениях;

- ЧС природного характера — опасные геологические, метеорологические, гидрологические явления, деградация грунтов или недр, природные пожары, изменение состояния воздушного бассейна, инфекционная заболеваемость людей, сельскохозяйственных животных, массовое поражение сельскохозяйственных и лесных массивов болезнями или вредителями, изменение состояния водных ресурсов и биосферы.

Для Беларуси на загрязненных радионуклидами территориях возникновение пожаров является особенно опасным, так как являются причиной

миграции радионуклидов и вторичного загрязнения прилегающих территорий. Именно перенос радионуклидов с дымами и золой лесных пожаров является одним из основных путей их миграции на большие расстояния, чем наносится большой ущерб здоровью населения, животному и растительному миру не только в зоне пожара, но и других, более отдаленных районах [3]. Одной из актуальных и важнейших задач современного общества является предупреждение и тушение пожаров.

Важнейшими факторами в деле минимизации площади пожара и материального ущерба являются: сокращение времени реагирования на вызов, способность быстро и верно оценить обстановку, развернуть и задействовать имеющиеся силы и средства для тушения.

Методы обнаружения природных пожаров можно разделить на три класса [4]:

- наземные методы с использованием обходчиков и объездчиков, наземных вышек с наблюдателями, а также оснащенных оптико-электронным оборудованием;

- методы дистанционного наблюдения с авиационных средств, оснащенных оптико-электронным и тепловизионным оборудованием или без него;

- дистанционные методы космического базирования.

Каждый из перечисленных методов имеет свои достоинства и недостатки.

Наземные методы характеризуются ограниченной территорией наблюдения и позволяют обнаружить уже развившиеся пожары, имеющие ярко выраженные факторы пожара — открытое пламя и сильное задымление, что обуславливает низкую

вероятность обнаружения пожаров на ранней стадии. Кроме того, не представляется возможным определить очаг, оценить состояние пожара, динамику его развития и выдать исходные данные для принятия решения о его ликвидации.

Методы дистанционного наблюдения с авиационных средств позволяют проводить регулярный мониторинг значительных территорий и имеют высокую оперативность. Они не подвержены негативному влиянию облачности, но при плохих погодных условиях (сильный ветер, осадки) их использование ограничено. Серьезным недостатком является высокая стоимость применения стандартных (самолетов, вертолетов) авиационных средств (от 800 до 2 тыс. долларов США за час полета). В то же время применение малой беспилотной авиации с современным оптико-электронным и тепловизионным оборудованием позволяет не только повысить эффективность обнаружения природных пожаров, но и существенно снизить экономические затраты на эти цели.

Дистанционные методы космического базирования, по сравнению с наземными и авиационными, позволяют вести мониторинг значительных территорий и за один сеанс охватить территорию всей Беларуси и даже сопредельных территорий. Однако из-за низкого пространственного разрешения детекторов космических аппаратов NOAA/TERRA (до 1 км) невозможно обнаружить развивающиеся пожары, их местоположение и размер. Кроме того, негативными факторами, понижающими эффективность космических средств в условиях Беларуси, являются недостаточная для оперативного мониторинга частота пролета космических аппаратов над территорией Республики Беларусь, а также сильная облачность, скрывающая земную поверхность, что не позволяет наблюдать ЧС как в видимом, так и в тепловом диапазонах излучения. По оценкам синоптиков, в Беларуси не менее 80% дней в году облачные, и приходится они в основном на пожароопасный период с апреля по сентябрь.

Мониторинг ЧС беспилотным летательным аппаратом (далее — БЛА) из состава беспилотного авиационного комплекса БАК МЧС «Буревестник» (рис. 1, на обложке) — это процесс наблюдения, обнаружения и оценки состояния и развития природных или техногенных процессов и явлений. Мониторинг (рис. 2, на обложке) осуществляется посредством сбора, обработки и анализа информации о местности, объектах, явлениях и процессах, в том числе источниках ЧС. Информация, полученная в результате мони-

торинга, позволяет прогнозировать ЧС (определить время их возникновения, район или место, масштаб и последствия). Она используется для предупреждения о возможных угрозах, опасностях, критических ситуациях и для обеспечения принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС.

Основными задачами мониторинга являются:

- выявление и идентификация источников ЧС;
- сбор информации о возможных масштабах угроз населению и территориям при возникновении источников ЧС.

Принципами проведения мониторинга являются:

- достоверность — информация, получаемая в рамках мониторинга, должна быть качественной и характеризоваться высокой степенью достоверности;
- актуальность — информация должна отражать существующее состояние местности, объектов, явлений и процессов;
- постоянство — мониторинг осуществляется на постоянной основе с определенной периодичностью;
- единство — мониторинг осуществляется по единым формам и правилам;
- доступность — информация о результатах мониторинга должна быть доступной для заинтересованных потребителей.

2 Назначение, состав, технические характеристики и область применения БАК МЧС «Буревестник»

2.1 Назначение БАК МЧС «Буревестник»

БАК МЧС «Буревестник» предназначен для проведения оперативного мониторинга источников ЧС на потенциально опасных производственных объектах, объектах с наличием радиоактивных веществ, участках железнодорожных, автомобильных, воздушных и водных коммуникаций, лесных и торфяных массивах, магистральных нефтепродуктопроводах и газопроводах, гидротехнических сооружениях, объектах электроснабжения и жизнеобеспечения, очистных сооружениях и пр.

Мониторинг осуществляется путем получения в реальном масштабе времени:

- видеоизображения местности и объектов в видимом и инфракрасном диапазонах в различных метеорологических условиях;
- воздушного радиационного контроля.

При постоянной обработке и анализе электронных файлов, полученных в результате видеосъемки и радиационного контроля, сохраняемых

в носителях информации НПУ, осуществляется прогнозирование состояния местности, объектов, явлений и процессов во времени.

В случае необходимости БАК МЧС «Буревестник» может выдавать целеуказания (координаты источников ЧС) аварийно-спасательным службам с возможностью передачи видеoinформации по каналу связи в режиме реального времени и удаленным заинтересованным потребителям.

2.2 Состав БАК МЧС «Буревестник»

- БАК МЧС «Буревестник» включает в себя:
- БЛА с целевой нагрузкой (далее — ЦН);
- наземный пункт управления (далее — НПУ);

- наземные средства обеспечения;
- комплект технической и эксплуатационной документации.

2.2.1. Состав и характеристики БЛА:

В состав БЛА входят:

- планер с силовой установкой;
- бортовое радиоэлектронное оборудование навигации и управления полетом;
- взлетно-посадочное оборудование;
- парашютная система аварийной посадки;
- целевая нагрузка.

Летно-технические характеристики БЛА представлены в табл. 1.

Табл. 1.

Летно-технические характеристики БЛА

Наименование характеристик	Значение
Размах крыла, м	7,20
Длина, м	4,55
Высота фюзеляжа, м	0,6
Масса, кг:	
пустого	145,5
взлетная	200
топлива	34
Радиус действия, км	295
Максимальная скорость, км/ч:	
на номинальном режиме	260
на втором номинальном режиме	240
на крейсерском режиме	200
Практический потолок, м	4500

Целевая нагрузка предназначена для непосредственного проведения оперативного мониторинга источников ЧС и включает:

- OTUSL205, представляющий собой двухканальную гиросtabilизированную оптико-электронную систему;
- видеокамера GoProHERO4, представляющую собой телекамеру с двумя режимами работы – телекамера и фотокамера;

- аппаратуру воздушной радиационной разведки типа БАРК-АТ102.

Оптико-электронная система OTUS помимо традиционных функций — картографирование, дистанционное зондирование, охрана объектов и пр. — позволяет производить поиск, обнаружение и определение координат объектов.

Основные технические характеристики системы OTUSL205 представлены в табл. 2.

Табл. 2.

Основные технические параметры систем OTUS

Параметр	Значение	Примечание
Количество наблюдаемых каналов	2	Телевизионный и тепловизионный
Размеры, мм	214×164×164	
Масса, кг	1,7...2,5	
Диапазон рабочих температур, °С	–40...+50	
Стабилизация, мкрад	≤ 250	2-х осевая
Максимальная скорость поворота, град/с	60	
Угловое поле зрения ТВ канала, град	1,7...57,8	
Угловое поле зрения тепловизионной камеры, град	14	

Видеокамера GoProHERO4BlackEdition предназначена для картографирования местности.

Основные характеристики видеокамеры GoProHERO4 BlackEdition:

- рабочий спектральный диапазон, мкм.....не менее 0,4–0,7;
- тип чувствительного элемента.....CMOS матрица 1/2.3»;
- разрешение (видео).....1080p / 80 fps (запись на flashcard);
- фокусное расстояние.....от 0,5 м до бесконечности;
- угол обзора, град.....120;
- масса камеры.....не более 155 г.

Аппаратура воздушной радиационной разведки БАРК-АТ102 предназначена для измерения по маршруту полета и выдачи в реальном масштабе времени в бортовой вычислитель БЛА данных о мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на высоте полета и радиационной обстановке на земле на НПУ для оперативной оценки сложившейся радиационной обстановки и своевременного принятия защитных мер организационного и технического характера.

Аппаратура БАРК-АТ102 обеспечивает:

- разведку и контроль радиационной обстановки на радиоактивно зараженной местности вследствие масштабных ядерных аварий или военных инцидентов;
- контроль радиационной обстановки в зоне промышленных предприятий по переработке и хранению радиоактивных отходов;
- обнаружение источников гамма-излучения.

Основные технические характеристики аппаратуры БАРК-АТ102 представлены в табл. 3.

Табл. 3.

Основные технические характеристики аппаратуры БАРК-АТ102

Наименование параметра	Значение
Диапазон измеренных значений мощности дозы гамма-излучения на высоте ведения разведки	от 30 нЗв/ч до 10 Зв/ч
Диапазон приведенных значений мощности дозы гамма-излучения к уровню 1 м от поверхности земли	от 1 мкЗв/ч до 10 Зв/ч
Высота ведения разведки	от 50 до 300 м
Время непрерывной работы	не менее 8 ч
Диапазон рабочих температур	от минус 35 °С до плюс 40 °С

2.2.2 Назначение и состав НПУ

Стационарный НПУ предназначен для подготовки и загрузки в БЛА полетного задания, формирования и передачи команд управления БЛА, приема и ретрансляции параметрической и видовой информации, передаваемой с борта БЛА, ее регистрации, обработки, хранения и отображения, определения координат обнаруженных объектов, управления и взаимодействия с наземными элементами БАК, обеспечения взаимодействия с Республиканским центром управления и реагирования на чрезвычайные ситуации (далее – РЦУиРЧС) и иными взаимодействующими пунктами (ВПУ).

В состав НПУ входит:

- автоматизированные рабочие места (далее — АРМ) начальника расчета БАК, оператора БЛА и оператора управления ЦН БЛА;
- наземная аппаратура приема и передачи данных (далее – АППД);

- технические средства метеорологического обеспечения полетов;
- средства связи между членами расчета НПУ, с РЦУиРЧС и ВПУ;
- система резервного электроснабжения НПУ;
- ЗИП НПУ.

2.2.3 Средства наземного обеспечения

СНО предназначены для запуска БЛА, проведения и всестороннего обеспечения всех видов подготовок БАК (БЛА) к полетам, проведения объективного контроля при ТО, обеспечения БЛА электропитанием при проведении ТО, обеспечения полетов БЛА.

В состав СНО входят:

- средства обнаружения БЛА совершившего аварийную посадку, в том числе в условиях ограниченной видимости (ночью);
- контрольно-проверочная аппаратура и средства измерения;
- ЗИП БЛА;

- средства пожаротушения;
- система электроснабжения;
- приспособления для буксировки, удержания и швартовки БЛА;
- средства обслуживания специальных систем (зарядное устройство АКБ, система воздушно-го охлаждения ДВС, система внешнего запуска ДВС и др.);
- средства защиты БЛА от атмосферных осадков и солнечной радиации (комплект чехлов);
- средства защиты для охраны труда;
- контейнер и тара для хранения и транспортировки БЛА, сменного оборудования, ЗИП и расходных материалов, применяемых для ТО и мелкого ремонта БАК.

2.2.4 Комплект эксплуатационной и технической документации

Комплект эксплуатационной и технической эксплуатации включает:

- документы в соответствии с ГОСТ 18675-2012 (летное руководство, руководства по летной эксплуатации, по технической эксплуатации, по техническому обслуживанию, ремонту и др.);
- формуляр;
- ведомость ЗИП.

3 Концепция применения БАК МЧС «Буревестник»

Мониторинг местности и объектов с помощью БАК может применяться для получения информации о состоянии природной среды, оперативной оценки последствий природных и техногенных воздействий, контроля радиационной обстановки, контроля над несанкционированным использованием природных ресурсов, картографирования местности и т.д.

В техническом плане процесс мониторинга с использованием БЛА включает три этапа: подготовительный, собственно мониторинг и обработки полученных данных.

Подготовительный этап

На подготовительном этапе производится:

- изучение и анализ имеющихся материалов (докладов, сообщений, результатов предыдущего мониторинга);
- формирование требований к данным, которые необходимо получить по результатам мониторинга;
- формирование полетного задания для БЛА с учетом летно-технических характеристик БЛА, технических характеристик ЦН и метеорологических условий.

Подготовительный этап выполняется оператором БЛА с помощью программы подготовки

полетного задания, входящей в состав программного обеспечения НПУ комплекса. Оператор должен выбрать целевую нагрузку для комплекса БЛА, рассчитать план полета и проверить его выполнимость, задать на карте положение стартовой площадки, маршрут и параметры полета (скорость и высоту), установить требуемое разрешение оптико-электронных средств ЦН.

Собственно мониторинг местности и объектов

По прибытии на стартовую площадку производится:

- уточнение положения стартовой площадки, задание точки возвращения и уточнение данных о скорости и направлении ветра у земли и на рабочей высоте, если таковые известны;
- уточнение плана полета и повторная проверка его выполнимости;
- выбор целевой нагрузки (фото, видео, ИК камера);
- старт БЛА;
- собственно мониторинг местности и объектов;
- посадка БЛА.

В процессе полета (мониторинга) оператором ЦН выполняется:

- наблюдение и анализ информации с выбранной ЦН, передаваемой с борта БЛА на НПУ;
- управление целевой нагрузкой БЛА включающее:
 - включение, и отключение вывода видеоизображения в область отображения информации на АРМ оператора;
 - вывод видеоизображения, при необходимости, от другой ЦН (ТВ или тепловизионной камеры);
 - начало и остановка записи видеоизображения;
 - приближение и удаление объектов на экране;
 - управление камерой по углам крена и тангажа;
 - установка камеры в заданное положение;
 - включение и отключение стабилизации камеры;
 - переключение режимов работы камеры;
 - сохранение текущего изображения в области отображения видеоинформации.

Если при анализе оператором ЦН текущей видеоинформации обнаружены аномальные явления (очаги возгораний, аварии и другие техногенные происшествия) начальником расчета БАК могут быть принято решение на облет источника аномального явления для уточнения его идентификации, координат и масштаба. При этом оператором ЦН может быть выбрана другая ЦН.

Полученные результаты уточнения аномального явления докладываются в РЦУиРЧС и ВПУ.

Обработка полученных данных

Обработка полученных данных заключается в анализе зарегистрированной видовой информации, в том числе в бортовом устройстве регистрации, и определении координат выбранного объекта.

Зарегистрированная видовая информация позволяет оценить состояние природной среды, оперативно оценить последствия природных и техногенных воздействий, радиационную обстановку по маршруту полета, контролировать несанкционированное использование природных ресурсов и т.д.

Литература:

1. Закон Республики Беларусь «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 05.05.1998 № 141-3; Изменения и дополнения: Закон от 04.01.2003 № 183-3// НПРА Респ. Беларусь. - №8-2/932.
2. Инструкция о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – Мн., 2003. – 86 с.
3. Лес Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В.А. Ипатьев [и др.]; год общей ред. В.А. Ипатьева – Гомель, 199. – 452 с.
4. Совершенствование технических средств повышения оперативности обнаружения природных пожаров / Э.Р. Бариев [и др.] – Мн.: РЦСиЭ МЧС РБ, 2009. – 174 с: ил. – 978-985-751-3.

УДК 629.113

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ БАЗЫ МАШИН ИНЖЕНЕРНОГО ВООРУЖЕНИЯ

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

В статье рассмотрены основные принципы технического осмотра автомобильного транспорта. Рассмотрены методы диагностирования основных систем автомобилей при проведении периодического технического осмотра. Проведен анализ диагностического оборудования, поступающего на рынок Республики Беларусь.

In article given the basic principles of motor transport diagnosis are considered. The analysis of problems solved by the periodical motor transport checkup at the Republic of Belarus is carried out. The nomenclature of diagnostic equipment going into the market of the Republic of Belarus is described.

Парк машин инженерного вооружения Вооруженных Сил Республики Беларусь укомплектован техникой, монтируемой на базовых автомобильных шасси [1], [2], [3] частично устаревших модификаций, требующих существенных затрат для поддержания боеготовности.

Диагностирование технического состояния автомобильной базы машин инженерного вооружения является важнейшим направлением, определяющим необходимость, очередность и трудоемкость ремонтных воздействий. В Республике Беларусь диагностирование подвижного со-

става автомобильного транспорта проводится в рамках государственного технического осмотра, основные положения которого могут быть внедрены в механизированных подразделениях Вооруженных Сил.

Техосмотр в республике осуществляется предприятиями на специализированных линиях диагностики. Линия представляет собой отгороженную и специально размеченную площадку, оборудованную как минимум смотровой канавой, роликовым тормозным стендом, горизонтальной площадкой с прибором проверки света фар, га-

зоанализатором (для бензиновых двигателей) и дымомером (для дизелей), люфтомером рулевого управления, прибором контроля светопропускания стекол, штангенциркулем, хронометром, компьютерной системой учета и обработки информации. Обязательным требованием также является наличие в помещении вентиляции и системы местной вытяжки отработанных газов.

В настоящее время в стране нашли применения диагностические линии производства России и Германии, встречается несколько линий производства Италии. У каждого производителя имеются свои особенности оборудования.

Российские производители предлагают диагностические линии, классифицируемые как стационарные, мобильные и передвижные. Особенностью передвижных диагностических линий является применение вместо роликового тормозного стенда инерционного прибора контроля замедления автомобиля, таким образом, стендовые испытания тормозной системы заменяются дорожными.

В РБ практика применения передвижных линий диагностики отсутствует.

Мобильные линии представляют собой платформу-контейнер со смонтированным на ней тормозным стендом, аппаратами для заезда автомобилей на стенд и боксом-оффисом, в котором размещается рабочее место оператора. Для развертывания мобильной линии диагностики достаточно ровной площадки соответствующего размера. Мобильная линия требует наличия дополнительного поста со смотровой ямой, который располагается, как правило, в непосредственной близости от места установки контейнера. В то же время распространена практика установки таких линий на территории автотранспортных предприятий, при этом в качестве смотровой ямы используется канава на КПП предприятия.

Популярность мобильных линий в первую очередь заключается в относительно небольших затратах на установку линии, поскольку в этом случае имеется возможность сэкономить на строительных работах. Однако установка оборудования под открытым небом делает его более подверженным атмосферному воздействию. В связи с этим намечается тенденция по переноске мобильных линий через 1–2 года эксплуатации в специально возводимые для них помещения; строительные работы при этом ведутся параллельно с работой линии под открытым небом, что финансово выгодно предприятиям. Непосредственно переноска со всеми сопутствующими

процедурами (в том числе калибровкой и аттестацией) занимает несколько дней.

По способу установки тормозного стенда стационарные линии делятся на линии с заглубленными роликами и с напольной установкой. В первом случае перед монтажом стенда в полу помещения выполняется приямок, в который бетонируется закладная рама. После застывания бетона на раму опускается непосредственно тормозной стенд. Соединение стенда с силовым шкафом осуществляется посредством кабелей, прокладываемых в забетонированных в пол трубах.

При напольной установке рама стенда непосредственно устанавливается на пол помещения и закрепляется на нем анкерными болтами. В этом случае для заезда автомобиля на стенд также применяются аппарели. Кабели закрепляются на полу и накрываются металлическим защитным кожухом. Этот вариант менее распространен в РБ, поскольку стоимость изготовления приямка значительно ниже общей стоимости строительных работ при подготовке помещения в целом, и в то же время не намного выше стоимости аппарелей.

Основой любого тормозного стенда является роликовая установка, которая состоит из следующих составных частей (рис. 1): рамы 1, электродвигателей 3, понижающих редукторов 4, приводных роликов 2, датчиков веса 9, датчиков тормозной силы 5, следящего ролика 6, датчиков вращения колеса 8 и датчиков наезда автомобиля 9.

Для приведения колес автомобиля во вращение применяются приводные ролики. Одной из самых главных их характеристик является покрытие, которое должно, с одной стороны, обеспечивать хорошее сцепление с шинами автомобиля при любых погодных условиях испытания, с другой быть достаточно износостойкими, и с третьей, не повреждать шины автомобиля. Немецкие тормозные стенды фирмы «MaHa» имеют специальное рельефное капельное покрытие из стали. «Cartec», Германия, разработали покрытие, напоминающее по фактуре среднезернистый асфальтобетон, содержащее корундовую крошку, и достаточно долговечное. «Мета», Россия, предлагает цельнометаллические ролики с профрезерованными на них продольными и спиральными канавками, в результате чего поверхность роликов получается покрытой выступами высотой 6...8 мм и частотой 12...15 мм, после чего металл роликов подвергается высокотемпературной закалке.

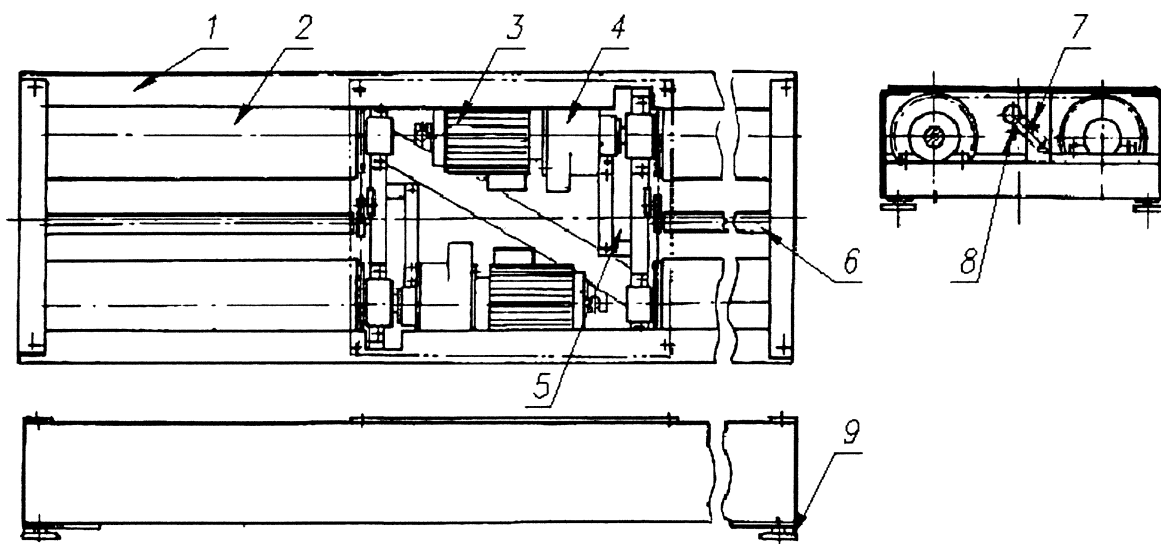


Рис. 1. Роликовая установка тормозного стенда:

1 – рама роликовой установки; 2 – ролик приводной; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор;
5 – датчик тормозного усилия; 6 – ролик следящий; 7 – датчик наезда колеса;
8 – датчик проскальзывания колеса; 9 – датчик веса

Для привода роликов в движение применяют асинхронные двигатели переменного тока с короткозамкнутыми роторами. Редуктор непосредственно устанавливается на корпус двигателя.

Мощность двигателя зависит от грузоподъемности стенда: так, для стендов с нагрузкой 3 т на ось на каждый борт устанавливается 3,5 кВт двигатель, 10 т – 7,5 кВт, 13 т – 8,3 кВт.

Измерение тормозной силы осуществляется балочным тензодатчиком, закрепляемым на корпусе мотор-редуктора. Конец датчика опирается на раму стенда.

Поскольку стенд осуществляет вращение лишь одной оси автомобиля, проверка транспортных средств с неразблокируемым межосевым дифференциалом требует специального режима. В этом случае одно из колес оси вращается вперед, а второе реверсируется.

Во всей нормативной документации основным параметром стендовых испытаний, характеризующим тормозную систему, является удельная тормозная сила, равная отношению суммы тормозных сил колес ТС к его весу. До недавнего времени норматив на удельную ТС в РБ составлял 0,64, что доставляло огромные проблемы станциям диагностики (только ролики с асфальтообразным покрытием могли обеспечить суммарный коэффициент сцепления с резиной на уровне 0,64). В настоящее время введен в действие новый СТБ, согласно которому достаточным является удельная ТС величины 0,5.

Для расчета удельной тормозной силы необходимо осуществить взвешивание оси автомобиля. Для этого между рамой тормозного стенда и опорными поверхностями приемки устанавливаются тензодатчики веса. Рама стенда опирается на 4 тензодатчика. «Cartec» и «НовГАРО» устанавливают балочные тензодатчики, «Мета» – цилиндрические. В настоящее время преимущественное распространение получили стенды, датчики веса которых монтируются непосредственно на раму стенда (рис 1).

Также важным параметром тормозной системы, непосредственно влияющим на безопасность движения, является коэффициент неравномерности тормозных сил оси. Существуют разные методики определения его величины.

«Cartec» применяет метод стоп-кадра, просто рассчитывая коэффициент неравномерности по значениям тормозных сил в момент блокировки одного из колес автомобиля. При этом срабатывание одного из датчиков проскальзывания дает команду стенду обесточить оба двигателя привода роликов. Эта методика принята на территории РБ.

Практически любой стенд оснащается силовым шкафом, в котором располагается электроника стенда, низковольтные реле управления и развязки и система пускателей электродвигателей стенда, а также реле тепловой защиты цепей.

Как правило, тормозные стенды работают под управлением персонального компьютера. Это позволяет протоколировать измерения, делать рас-

печатки результатов, хранить осмотры в базе, а работа компьютера в диалоговом режиме упрощает процедуру диагностики и делает ее более комфортной. В то же время персональный компьютер может оказаться, уязвим в условиях производственных помещений (температурный режим, влажность, запыленность и задымленность и проч.)

Немецкие стенды в связи с этим доступны в модификациях без персонального компьютера. В качестве устройства ввода информации в этом случае применяются специальные кнопочные станции и радио- либо инфракрасные пульты дистанционного управления, в качестве устройств вывода – лампы, графические табло и стрелочные индикаторы.

В зависимости от величины силы, приложенной к тензодатчику, последний деформируется. Величина деформации строго прямо пропорциональна приложенной силе на всем интервале измерений, это обеспечивается качеством металла и формой сечения датчика. Посредством тензорезисторов деформация датчика преобразуется в изменение электрического тока, которое усиливается операционным усилителем датчика и оцифровывается.

В ходе калибровки создается внешнее воздействие строго определенной величины на калибруемый датчик, и рассчитывается такой калибровочный коэффициент, чтобы отображаемые компьютером (либо информационным табло) результаты расходились с величиной воздействия не более, чем на величину погрешности. Погрешность регламентируется паспортом стенда и зависит от его класса точности. Для создания воздействия применяются различные методы: установка груза, применение винтовых либо гидравлических домкратов. В последних двух случаях для контроля величины создаваемого усилия применяются поверочные динамометры класса точности как минимум на 1 выше, чем сам стенд. В комплекте стенда как правило идут калибровочные приспособления, позволяющие воздействовать строго на элемент, соединенный с калибруемым

датчиком, и позволяющие устанавливать на них нажимное устройство и образцовый динамометр.

Принципиальная схема калибровки датчиков веса показана на рис. 2, датчиков тормозной силы – на рис. 3.

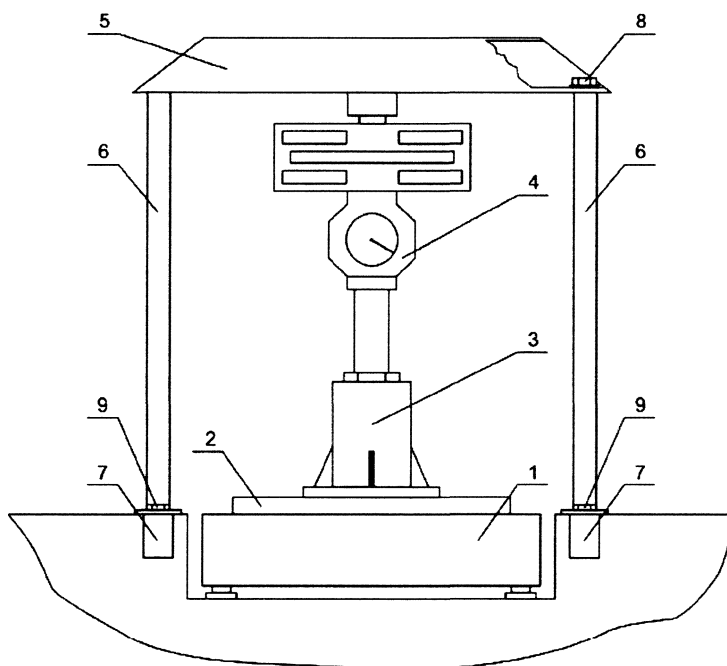


Рис. 2. Схема калибровки датчиков веса:

1 – установка роликовая; 2 – плита опорная; 3 – домкрат гидравлический; 4 – динамометр образцовый; 5 – балка опорная; 6 – стойка; 7 – закладной брусок (для стационарных) либо рама (для напольных); 8, 9 – болт

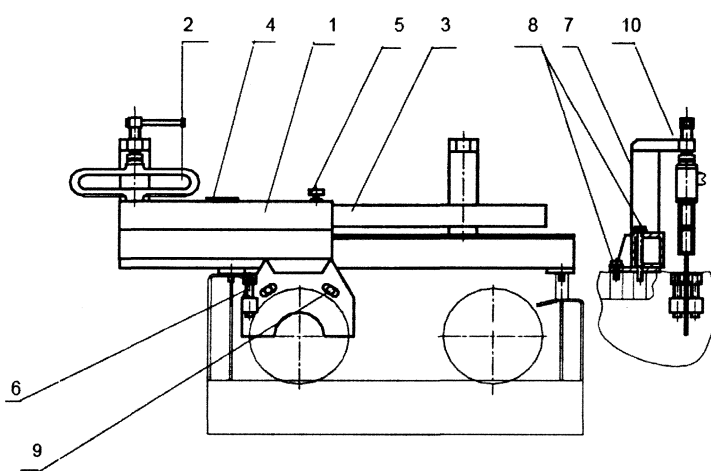


Рис. 3. Схема калибровки датчиков тормозной силы:

1 – рычаг нажимной; 2 – динамометр образцовый; 3 – противовес; 4 – индикатор уровня; 5 – винт стопорный; 6 – винт регулировочный; 7 – балка; 8, 9 – болт; 10 – винт нажимной

У любого тормозного стенда программа калибровки обязательным образом защищается паролем. Это необходимая мера, так как диагност, желая «пропустить» ту или иную машину с неисправной тормозной системой, имея доступ к калибровочным коэффициентам, имеет возможность это сделать.

Основными режимами работы тормозного стенда являются: взвешивание, просушка, экстренное торможение, торможение с частичной нагрузкой, торможение с полной нагрузкой, торможение стояночной системой, вспомогательной и аварийной (при их наличии) и выезд со стенда.

При взвешивании стенд ожидает 3–5 с, пока колебания показаний датчиков веса полностью не прекратятся, после чего регистрирует их показание, которое во всех последующих режимах считается статическим весом оси и участвует в расчете удельных тормозных сил. При заезде автомобиля (особенно это касается грузовых автомобилей с большим диаметром колес) возможно многократное срабатывание датчиков наезда. В программе НПФ «Мета» для предотвращения этого эффекта имеется специальный таймер (установка по умолчанию 3 с).

Режим просушки присутствует у стендов НПФ «Мета», где он объединен с режимом взвешивания и потому обязателен. Торможение в этом режиме проводится с интенсивностью, выбираемой диагностом на его усмотрение, не обязательно до конца, время торможения составляет 15–30 с, данные тормозных сил и усилия на педали отображаются на экране компьютера, но нигде не протоколируются.

Экстренное торможение предназначено для определения времени срабатывания тормозной системы. При этом засекается время от приложения ненулевого усилия к педометру (нажатие кнопки на педометре у стендов НПФ «Мета») до блокировки каждого из колес оси. В случае, если блокировка не произошла, поведение стенда зависит от его программы. Стенды «Мета» могли в этом случае возвращать незавершенный режим измерения.

Режим частичной нагрузки позволяет оценить износ в первую очередь тормозных барабанов (овальность). При этом диагност, начав плавное нажатие на педаль, получает команду прекратить увеличения усилия на педали, и тормозные силы измеряются на протяжении 3...8 с в этом режиме. Отмечается амплитуда пульсации тормозных сил на каждом из колес. В зависимости от программы стенда в конце диагност получает команду

либо затормозить до блокировки колес, либо отпустить педаль.

Полная нагрузка является основным режимом проверки тормозных систем. По команде оператор плавно темпом 3...5 с нажимает педаль до блокировки колес (или до упора). Измеряются абсолютные значения тормозных сил, удельные тормозные силы и коэффициент неравномерности. Режимы проверки стояночной, аварийной или запасной систем не отличаются от режима полной нагрузки, за исключением того, что диагност воздействует на разные органы, и данные заносятся в разные поля протокола. Режим выезда включает ролики, помогая ведущей оси автомобиля покинуть ролики без рывка и перегазовки. Кроме роликового блока тормозные стенды могут комплектоваться различным дополнительным оборудованием.

Тестер подвески представляет собой две пластины, опирающиеся на тензодатчики. К пластинам жестко присоединены электродвигатели, на валах которых укреплены дисбалансы. При включении питания двигатели пластины интенсивно раскачиваются до частоты порядка 25 Гц, после чего питание отключается, и двигатели еще какое-то время вращаются по инерции, плавно сбавляя частоту вращения (и соответственно, частоту колебаний пластин). В это время по показаниям датчиков строится кривая динамического веса автомобиля. Данный тест позволяет быстро и качественно оценить состояние упругих элементов подвески и амортизаторов.

Тормозные стенды фирмы «Мапа» (Германия) также могут быть дополнительно оборудованы тестером калибровки спидометра. Он представляет собой пару свободно вращающихся барабанов, частота вращения которых считывается бесконтактным индукционным датчиком. В связи с необязательностью данных проверок популярность стендов с данным оснащением в РБ весьма низка.

Помимо роста числа станций диагностики автомобилей улучшается оснащенность диагностическим оборудованием станций технического обслуживания автомобилей. Так, при проверке двигателей внутреннего сгорания находят широкое применение многокомпонентные газоанализаторы (измерение содержания CO, CH, CO₂, O₂, NO-соединений, коэффициента избытка воздуха λ), дымомеры для дизельных двигателей, электронные стробоскопы, мотор тестеры. Так, мотор-тестер М3-2 производства РБ, выполненный в корпусе персонального компьютера, позволяет

измерять до 40 параметров работы как бензиновых, так и дизельных двигателей, работать как с однокатушечной, так и с многокатушечной системой зажигания. По осциллограммам и гистограммам, выводимым на жидкокристаллический дисплей прибора, можно получить представление о характере горения искры на свече, характере горения топлива в цилиндре, компрессии, точности срабатывания автоматики и углах опережения зажигания, замкнутого состояния контактов прерывателя, пульсации напряжения в бортовой сети автомобиля, эффективной мощности двигателя, сопротивлению проворачиванию коленчатого вала при заблокированном зажигании. Мотор-тестер также имеет возможность подключения модуля для работы с электронными контроллерами системы впрыска автомобилей российского и немецкого производства. Возможна стыковка с компьютером для сохранения измеренных данных в специальной базе.

Похожими возможностями обладает комплекс авто диагностики КАД-400 производства ПКФ «Гаро» (Россия). Мотор-тестер комплекса является отдельным модулем, подключаемым к компьютеру. Туда же подключается сканер кодов итальянской фирмы «BrainVee» и газоанализатор.

В связи с появлением на дорогах Беларуси новых автомобилей с бортовыми компьютерами необходимы специальные устройства и методы диагностирования данных автомобилей. Как правило, бортовые компьютеры имеют большое число алгоритмов самодиагностики, и необходим лишь инструмент для считывания данных с них.

Машины 1990...1995 годов выпуска оснащались так называемой системой «мигающих кодов». Установив перемычку в специальный разъем и включив зажигание, можно было считать коды неисправностей по миганию специальной лампочки на приборной панели автомобиля. Список кодов неисправностей современных автомобилей содержит несколько сотен позиций.

Диагностирование электронных систем автомобилей выпуска 1995 года и моложе производится только с помощью специальных сканеров. Сканер представляет собой компьютер с подключенным к нему адаптером. Адаптеры различаются в зависимости от марок автомобилей. Универсальные сканеры имеют в комплекте до 30 различных адаптеров.

В качестве компьютера для данного сканера может выступать как обыкновенный компьютер (настольный или типа «Ноутбук»), так и карманный типа «Palm», управляемый посредством

прикосновения пером к специальной сенсорной панели. Как правило, универсальные сканеры (фирм «Carman», «Launch» – Корея) представляют собой прибор, сделанный на базе карманного компьютера, собранного в ударозащищенном обрезиненном корпусе и подключаемого к прикуривателю автомобиля. Специальным шнуром через соответствующий переходник сканер подключается к диагностическому разъему. Далее, диагност выбирает тип автомобиля, при необходимости тип диагностического интерфейса (в некоторых автомобилях они различны для моделей разных лет выпуска), диагностируемую систему (электронный контроллер двигателя, автоматическая коробка перемены передач, антиблокировочная система тормозов, система контроля устойчивости автомобиля, система управления подушками безопасности, кондиционер, противоугонная система). Далее, когда подключение к соответствующей системе произведено, диагност может считывать коды неисправностей в данной системе (как правило, сразу же с расшифровкой), удалить их из памяти контроллера, просмотреть измеряемые параметры (для двигателя – частоту вращения, время открытия форсунок впрыска топлива, время упреждения зажигания и впрыска, положение педали газа, положение датчика расхода воздуха, коэффициент избытка воздуха и т.д.; для антиблокировочной системы тормозов – частоту вращения каждого из колес, и т.д.). Задавая различные режимы работы, и проверяя показания соответствующих датчиков, диагност в состоянии определить параметры работы систем и выявить те или иные неполадки. Сканер выводит не только текстовую информацию, но и графики, гистограммы; с его помощью можно изменить некоторые константы, скорректировав тем самым характеристики системы.

Одним из недостатков данного метода является наличие огромного числа интерфейсов диагностики. Несколько лет назад каждый производитель придерживался своего уникального интерфейса (особенно хорошо эта тенденция просматривается у автомобилей «Мерседес» и «БМВ»). В последние годы эти интерфейсы вытесняются универсальным – OBD и его более поздней реализацией OBD II. В последние годы практически все автомобили европейского и японского производства оснащены этим интерфейсом.

Поскольку совершенствование электронных систем управления идет весьма быстро, наблюдается интенсивное устаревание программных интерфейсов диагностики. Чтобы сканер, куплен-

ный несколько лет назад, был приспособлен для диагностики самых новых автомобилей, необходимо регулярно обновлять его программу. Для этого, в настоящее время, все сканера оснащаются сменными картами флэш-памяти, на которые можно при помощи компьютера переписать более новую версию программы. Достать эту версию можно через сеть Интернет. К сожалению, стоимость обновлений все еще остается на весьма высоком уровне.

При использовании в качестве сканера персонального компьютера, основную ценность представляет именно программный продукт. Адаптер подключается к последовательному порту компьютера.

Следует отметить и то, что в настоящее время российской промышленностью выпускается и ряд диагностических приборов старого образца, например, прибор проверки карбюраторов, свечей зажигания, проверки и регулировки дизельных форсунок, динамометр для проверки натяжения ремня вентилятора, бензиновый и дизельный компрессометры, аккумуляторные пробники. В связи с большим количеством старых машин, все еще находящихся в эксплуатации, и наличием больших производственных мощностей для их ремон-

та спрос на данные примитивные приборы диагностики есть, и они продолжают выпускаться.

Существующая в настоящее время номенклатура диагностических приборов позволяет осуществлять качественную и всестороннюю диагностику автомобилей необходимой глубины. Многие из приборов достаточно просты по конструкции, и промышленность РБ в состоянии наладить их выпуск. В связи с ростом и обновлением парка автомобилей базы машин инженерного вооружения требуется обновление данных приборов, что обуславливает постоянный спрос на них.

Выводы

В Республике Беларусь накоплен большой опыт диагностирования и проведения технических осмотров автомобильного транспорта, обеспечивающих поддержания парка автомобилей любой формы собственности в исправном состоянии.

Внедрение разработанных методов диагностики технического состояния автомобильной базы машин инженерного вооружения в подразделениях Вооруженных Сил Республики Беларусь позволит повысить боеспособность механизированных подразделений.

Литература

1. Бородин, Н.Г. Машины инженерного вооружения. Часть 4. Базовые изделия: учебник для курсантов военных училищ инженерных войск / Н.Г. Бородин, А.В. Ольшанский, Н.Ф. Федотов, и др. Под ред. Н.Г. Бородина. – М.: Военное издательство, 1987 – 432 с.
2. Малышев, А.А. Полноприводные автомобили КраЗ. / А.А. Малышев, В.М. Круговой, И.Н. Румшевич. – Транспорт, 1975. – 304 с.
3. Автомобиль ЗИЛ-131 и его модификации: техническое описание и инструкция по эксплуатации / Воениздат, 1980 г. – М.: Военное издательство, 1983. – 296 с.

МУЛЬТИСЕНСОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ИНДУКТИВНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Соломахо В.Л., д.т.н., профессор, Шапарь В.А., к.т.н., Соломахо Д.В., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Усложнение современного производства, постоянное повышение требований к качеству продукции привело к увеличению количества контрольных операций и, соответственно, созданию технических средств, обеспечивающих возможность их реализации – информационно-измерительных систем. Анализируя область использования таких систем можно предложить следующую их классификацию по функциональному назначению: измерительные, диагностические, идентификационные и статистические.

К измерительным, относятся системы, предназначенные для контроля (измерительного контроля) физических величин, являющихся характеристиками объекта либо группы объектов измерения.

Системы идентификации (распознавания образа) предназначены для установления соответствия между объектом контроля и заданным образом. Так же как и при контроле, норма при распознавании образа может быть задана в виде образцового изделия или перечня определенных свойств и значений параметров (признаков) с указанием предельных значений.

Системы диагностики осуществляют измерение параметров, определяющих состояние объекта, сравнивают совокупность полученных данных с их нормируемыми значениями и определяют состояние диагностируемого объекта. В зависимости от сложности такие системы позволяют выдавать информацию о несоответствиях, на основании которой устанавливаются их причины, выявляются источники изменчивости, что позволяет принять необходимое решение для их устранения. Целью таких систем является долгосрочный контроль параметров объектов.

Статистические информационно-измерительные системы предназначены для сбора, струк-

турирования информации и представления ее в виде, удобном для пользователя.

В последнее время в технической литературе находит применение термин «мультисенсорная система», который применяется в отношении информационно-измерительных систем и учитывает такой их классификационный признак, как количество первичных измерительных преобразователей (датчиков) в системе. Однако, понятие «мультисенсорная система» не отражает порядок формирования сигнала измерительной информации, что является весьма существенным с точки зрения их метрологического обеспечения. В связи с этим предлагается ввести уточняющий термин «интегрированная мультисенсорная система» для систем, у которых сигнал измерительной информации является интегрированным. Такие системы по виду структурно-функциональной схемы можно классифицировать следующим образом (рис. 1).

В качестве первичных преобразователей в информационно-измерительных системах широко используются индуктивные преобразователи (ИП) контактного и бесконтактного типов. Их распространение стало возможным благодаря таким достоинствам, как простота конструкции и, соответственно, сравнительно низкая стоимость, подтвержденные длительной практикой использования высокие чувствительность, точность, стабильность и достаточно низкая реакция на изменения внешних условий. Положительное влияние на совершенствование служебных свойств аппаратуры с применением ИП оказывает и развитие электроники, в частности, выпуск специализированных микросхем для обработки измерительных сигналов, а также широкое применение с этой же целью программируемых микроконтроллеров.




Наименование схемы	Графическое представление	Описание
<p>Последовательная</p> 		<p>Измерительная информация об объекте 1 от датчиков 2 поступает в блок сбора данных 3, в котором осуществляется «суммирование» сигналов от нескольких датчиков; интегрированный сигнал передается в блок управления 4 для выработки управляющего решения.</p>
<p>Параллельная</p> 		<p>Каждый датчик 2 имеет свой информационный канал и информационно-измерительная система действует как моносенсорная.</p>
<p>Последовательно-параллельная</p> 		<p>Параллельно-последовательная схема предполагает комбинацию двух первых видов структурно-функциональных схем.</p>

Рис. 1. Структурно-функциональная схема информационно-измерительных систем

В большинстве случаев с помощью ИП осуществляют измерения линейных размеров, перемещений (в т.ч. виброперемещений), деформаций, и др. В настоящее время ведущие мировые производители измерительной техники выпускают ИП для решения измерительных задач различных уровней точности и сложности. Типовые диапазоны измерений распространенных видов ИП находятся в области от $\pm 0,2$ до ± 250 мм.

В ряде случаев весьма удобным является использование линейных бесконтактных индуктивных датчиков для измерения малых перемещений подвижных объектов, например, в системах активного контроля, автоматического регулирования параметров функциональных узлов технологического оборудования и др.

На рис. 2 схематически показано устройство одного из возможных вариантов исполнения бесконтактного индуктивного преобразователя [1]. Активная катушка 1 и компенсационная катушка 2 намотаны на тороидальных ферритовых сердечниках и размещены в гильзе 3 из изолирующего материала, которая, в свою очередь, закреплена в корпусе 4. Корпус 4, помимо иных функций, обеспечивает защиту от внешних электромагнитных полей. Катушки 1 и 2 в включают в смежные плечи моста переменного тока, при этом обеспе-

чивается компенсация составляющей погрешности, обусловленной влиянием температурных факторов. Изменение импеданса активной катушки при смещении объекта от нулевого положения вызывает разбаланс моста и, соответственно, появление на его выходе напряжения, амплитуда которого пропорциональна перемещению объекта относительно датчика. Регулировочный элемент 5 позволяет, при необходимости, осуществить дополнительную настройку измерительной цепи в конкретных условиях.

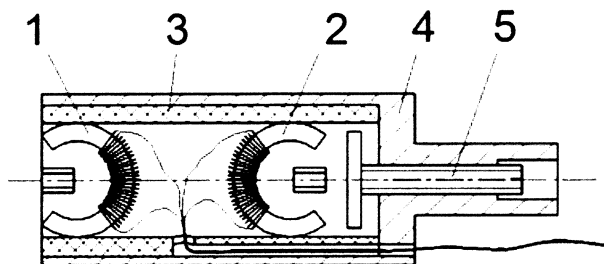


Рис. 2. Бесконтактный индуктивный преобразователь

Применение таких преобразователей позволяет решать специфические измерительные задачи, например, при проведении научных исследований, испытаниях свойств материалов, и др.

На рис. 3 показан пример сигнала, полученного на выходе канала измерения толщины масляной пленки в шарикоподшипниках. С помощью бесконтактного индуктивного преобразователя оценивалось изменение монтажной высоты радиально-упорного шарикоподшипника, нагруженного осевой силой, при частоте вращения $12 \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$ в момент образования масляной пленки в контактах шариков с дорожками качения колец при переходе от режима граничного трения к жидкостному.



Рис. 3. Измерение толщины масляной пленки: h – значение сигнала на выходе измерительного канала; μ – масштабный коэффициент; δa – относительное радиальное смещение колец подшипника

Основным сдерживающим фактором в распространении таких бесконтактных индуктивных датчиков является сравнительно малый диапазон измерений и нелинейность функции преобразования. На рис. 4 представлена типичная функция преобразования бесконтактного ИП (зависимость напряжения $U_{\text{вых}}$ на выходе моста от зазора δ между датчиком и контролируемым объектом). В качестве рабочего диапазона измерений выбирают участок общей кривой, на котором обеспечиваются приемлемые значения нелинейности. Рабочие характеристики описываемых преобразователей зависят от материала контролируемого объекта. Однако, при возможности размещения на объекте специальной металлической пластинки, необходимость дополнительных настроек отпадает. Применение современных методов линеаризации с использованием микропроцессорной техники позволяют значительно улучшить характеристики бесконтактных ИП.

ИП контактного типа изготавливают в настоящее время по нескольким типовым, достаточно простым, надежным и хорошо себя зарекомендовавшим схемам [2–5]. К числу таких ИП относятся линейные дифференциальные трансформаторы (ЛДТ), а также дифференциальные индуктивные преобразователи соленоидного типа. Наряду

с другими достоинствами, одним из основных положительных свойств перечисленных ИП является высокая линейность функции преобразования.

Схематическое изображение устройства ЛДТ показано на рис. 5.

На каркасе 1 из изоляционного материала намотаны первичная 2 и две вторичные 3, 4 обмотки, намотанные встречно по отношению друг к другу. Параметры последних, кроме направления намотки, идентичны друг другу. Первичная обмотка питается синусоидальным переменным напряжением, обычно в пределах $1 \dots 24 \text{ В}$ (действующее значение), частотой $50 \dots 20 \cdot 10^3 \text{ Гц}$. Обмотки 1–3 помещены в металлический корпус, защищающий их от внешних магнитных полей. В центральном отверстии каркаса 1 размещен ферромагнитный сердечник 7, закрепленный на штоке 6 из немагнитного материала. При центральном, симметричном относительно обмоток ЛДТ, положении сердечника 7 напряжение на выходе (крайние выводы обмоток 3, 4 на рис. 4) равно нулю, т.к. напряжения U_A и U_B равны друг другу, но противоположны по фазе, т.е. $U_{\text{ВЫХ}} = U_A - U_B$. При смещении сердечника 7 от нулевого положения напряжение на вторичной обмотке, в сторону которой смещается сердечник, возрас-

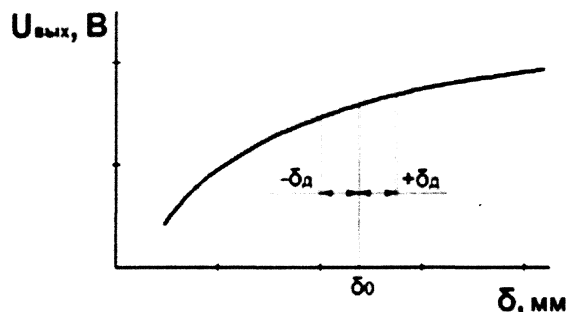


Рис. 4. Функция преобразования бесконтактного ИП

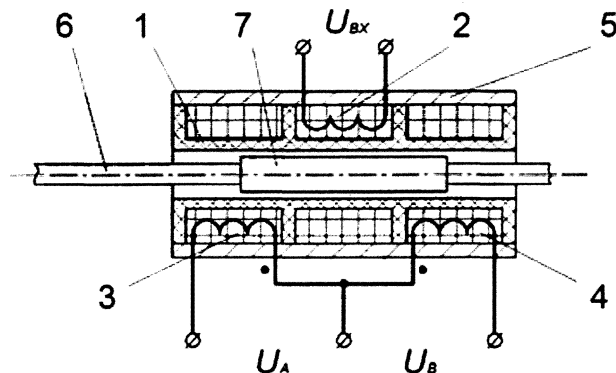


Рис. 5. Устройство линейного дифференциального трансформатора

тает, а на другой – уменьшается. Таким образом, напряжение на выходе ЛДТ пропорционально смещению сердечника относительно центрального положения. Измерение этого напряжения, например, с помощью вольтметра, не позволяет определить знак смещения сердечника. Кроме того, влияние определенных конструктивных и технологических факторов не позволяет получить действительно нулевое значение выходного сигнала при центральном положении сердечника. Для решения указанных проблем применяют соответствующие электронные устройства обработки измерительного сигнала, в том числе специальные микросхемы (например, AD 598 фирмы Analog Devices, Inc.).

Дифференциальные «полумостовые» индуктивные преобразователи конструктивно похожи на ЛДТ (рис. 6), однако имеют две обмотки, которые могут быть включены в смежные плечи моста переменного тока.

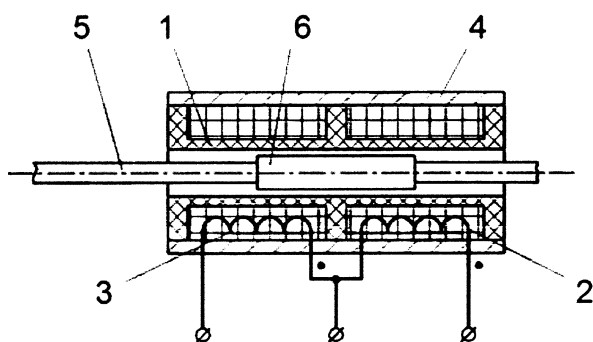


Рис. 6. Устройство «полумостового» дифференциального ИП:

1 – каркас; 2, 3 – обмотки; 4 – корпус; 5 – шток;
6 – сердечник

При решении конкретных измерительных задач во многих случаях использование готовых решений, предлагаемых производителями измерительных преобразователей, вызывает затруднения, обусловленные, в первую очередь, особенностями конструкции объектов измерений. Так, например, достаточно сложной метрологической задачей является контроль деталей сложной геометрической формы, например, сферических. В таком случае приходится разрабатывать нестандартные средства измерений с оригинальной конструкцией датчиков [6–7].

Главной задачей метрологического обеспечения таких систем является оценка их погрешности (D) и подтверждение справедливости соотношения $D < [D]$, где $[D]$ – допустимое значение погрешности. Анализ приведенных структурно-функциональных схем показывает, что в случае применения параллельной схемы, когда измерительная информация, поступающая от каждого из первичных преобразователей независимо, задача нормирования погрешности для каждого датчика является тривиальной. Для двух других структурных схем, когда результирующий информационно-измерительный сигнал является интегрированным, задача нормирования точности датчиков, образующих мультисенсорные системы представляет собой сложную теоретическую и практическую задачу и во многом зависит от конструкции применяемых датчиков.

Проведенные исследования позволили разработать общий алгоритм и получить аналитические зависимости для оценки систематической D_{si} и случайной составляющей погрешности ($D_{сл.}$).

Литература

1. Бесконтактный индуктивный датчик: а.с. 863323 СССР, МКИ G 01 B 7 / 02 / В.Т. Минченя, Ю.В. Скорынин [и др.]. – 1981.
2. Schaevitz, Herman. The Linear Variable Differential Transformer / Herman Schaevitz // Proceedings of the SASE. – 1946.– Volume IV, No. 2,
3. Pallas-Areny, R. Sensors and Signal Conditioning / R. Pallas-Areny, J.G. Webster. – New York, Wiley, 2001. – 587 p.
4. Kester, Walt. Practical Design Techniques for Sensor Signal Conditioning / Walt Kester. – Analog Devices, 1999. – 366 p.
5. Этингоф, М.И. Индуктивные преобразователи для линейных измерений / М.И. Этингоф // Измерительная техника. – 2013. – № 4. – С. 35–38.
6. Метрологическое обеспечение измерений радиуса и отклонения центра неполной номинально сферической поверхности. / Д.В. Соломахо [и др.] // Метрология и приборостроение. – 2011. – № 3. – С. 23–26.
7. Теория, расчет и проектирование оптимизированных методик координатного контроля в машиностроении. / В.Л. Соломахо [и др.] // Минск: БНТУ, 2012. – 239 с.

УДК 621.98.044.7

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МНОГОЖИЛЬНЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ С КАБЕЛЬНЫМИ НАКОНЕЧНИКАМИ ДЛЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ

¹Ю.И. Кривонос, ¹А.В. Кебец, ¹Т.Ю. Бучик, ²В.В. Рудый, ²Ю.В. Носович

¹Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

²ОАО «БелАЗ» г. Жодино, Беларусь

Предложена энергосберегающая и экологически безопасная технология сборки импульсным магнитным полем (ИМП) многожильных медных проводов с кабельными наконечниками для карьерной техники, работающей в условиях воздействия агрессивных сред, а также позволяющая снизить материальные и производственные расходы.

An energy-saving and environmentally friendly technology of assembling, using pulse magnetic field, of multifilament copper wire with cable lugs for quarry machinery working under the impact of aggressive media and allowing decreasing material and operating costs has been proposed.

Электрические проводные сети машин, работающих в карьерах добычи полезных ископаемых, подвергаются воздействию различных химических элементов и их соединений, вызывающих эрозию, потерю первоначальной проводимости и подгорание контактов особенно в местах соединений электропроводов с узлами машин с помощью кабельных наконечников.

Одним из традиционных способов защиты соединений многожильных медных проводов является пайка и покрытие кабельного наконечника оловянно - свинцовистым припоем.

В существующей производственной практике оснащения большегрузных карьерных самосвалов силовыми проводами сечением от 70 до 300 мм² используются конструкции не стандартных законцовок, представленных на рис. 1.

Варианты конструкций сборок А, Б, Г в виде участков многожильного медного провода, очищенного от изоляции, с надетой на него тонкостенной медной трубкой, которые обжимаются в штампе с формообразованием плоских контактных площадок, пробивкой отверстий и обрезкой торца на радиус.

После механической обработки сборки наконечник опускали в ванну с расплавленным припоем Sn – Pb, которым заполняли пустоты между трубкой и проводом и зазоры между жилами провода, а так же покрывали наружную поверхность наконечника.

Варианты законцовок кабелей конструкций Е, Ж, И изготавливают из листовой меди толщиной 2–3 мм вырубкой развертки в штампе, гибкой, сваркой и пробивкой отверстий. Сборка этих наконечника с проводом осуществляется без механического обжатия пайкой расплавом припоя. Расход припоя при этом наибольший.

К основным недостаткам используемой технологии относятся:

- повышенный расход припоя на заполнение пустот, составляющих до 20 % площади сечения провода, особенно в вариантах Е, Ж, И;
- низкая механическая и температурная прочностью сборки, ограниченная пределом прочности и температурой плавления припоя;
- неполная пропитка припоем внутренней области проводов сечением 120–300 мм², в виду быстрого затвердевания припоя в наружных слоях провода в результате высокой теплопроводности меди.

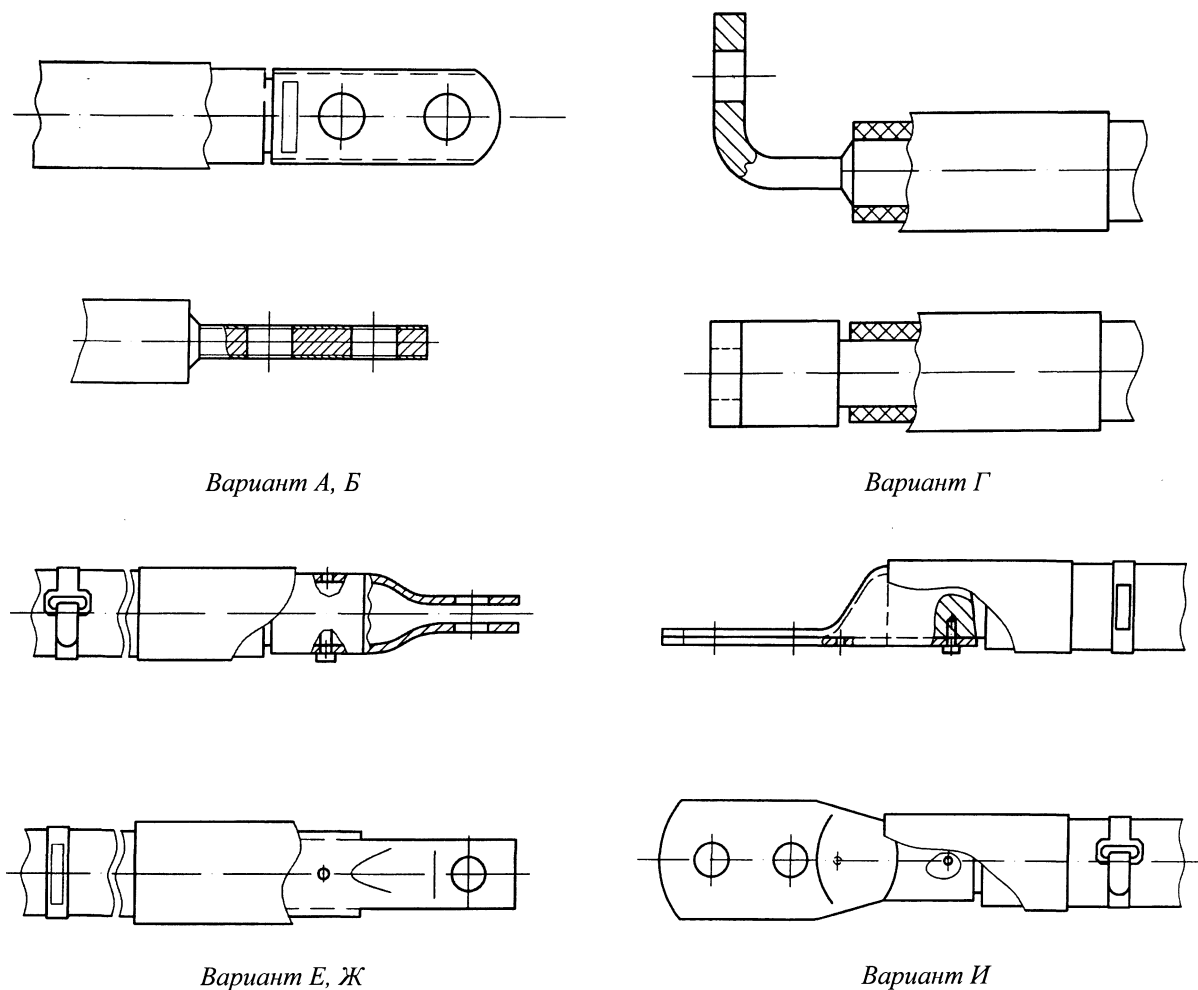


Рис. 1. Варианты конструкции кабельных наконечников

Наличие внутренних пустот в центре наконечника после пропитки припоем постепенно приводит к ослаблению степени болтовой затяжки сборки и требует, рекомендуемой инструкцией, периодической «подтяжки» в процессе эксплуатации автомобиля, во избежание потери проводимости и пригаров (искрений) в контактах.

Серьезным недостатком действующей технологии следует отнести нарушение экологической безопасности при использовании открытой ванны с расплавленным припоем, содержащим свинец, в заводских условиях производства, что не соответствует требованиям международных стандартов для защиты здоровья и окружающей среды (RoHS №2002/95EC).

В значительной степени эти недостатки можно устранить применением технологии магнитно-импульсной обработки (МИОМ) путем использования схемы радиального обжима тонкостенной трубчатой оболочки на многожильный провод [1, 2].

На рис. 2 показан типовой многовитковый индуктор для опрессовки тонкостенной медной трубки $\varnothing 20 \times 1$, длиной 55 мм на магнитно-импульсной установке (МИУ).

Провод с надетой на оголенный конец медной трубкой наконечника вставляют во внутрь индуктора до упора, определяющего расположение трубки под витками спирали индуктора.

Индуктор подключается к выводам магнитно-импульсной установки. При разряде емкостного накопителя установки по виткам спирали индуктора проходит импульс тока, генерирующий магнитное поле, которое создает радиальное усилие на трубчатый наконечник.

Высокое давление, возникающее при радиальном деформировании импульсным магнитным полем (ИМП) трубчатой оболочки со скоростью более 100 м/с, вызывает пластическое течение жил провода и заполнение пустот между ними, обеспечивая 100 % плотность сечения провода в наконечнике. Последующая формовка контакт-

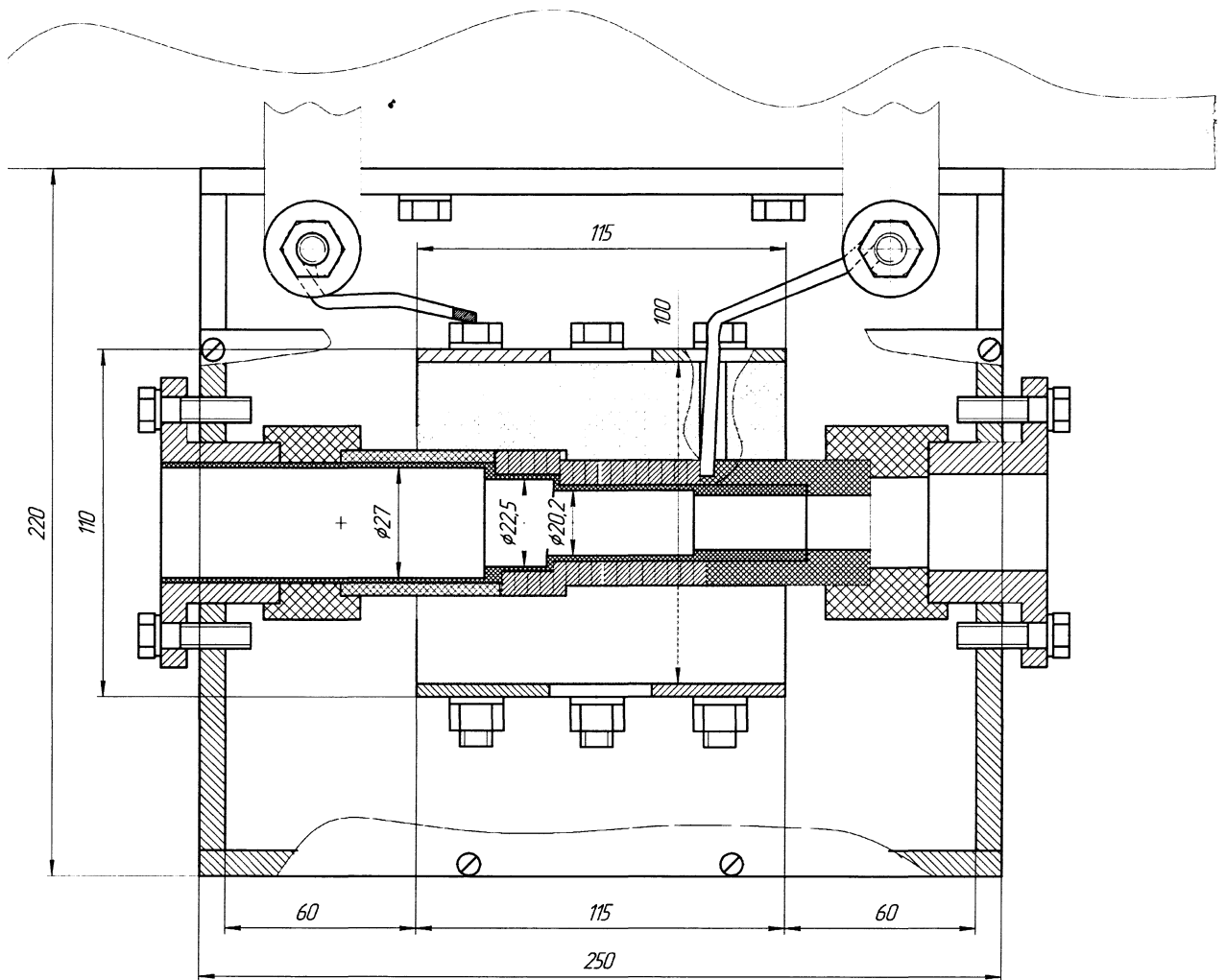


Рис. 2. Многовитковый индуктор

ных площадок и пробивка отверстий не нарушают сплошности сечения. При этом отпадает необходимость в пропитке соединения припоем для защиты от агрессивной внешней среды.

Сравнительные измерения контактного сопротивления сборок по действующей технологии и сборок наконечников ИМП на приборе АМ-3123 показали снижение значения электросопротивления во втором случае в 1,5–3 раза.

Испытания прочности сборок на разрыв, обжатых на магнитно-импульсной установке, показали ее соответствие механической прочности провода.

Переход на новые конструкции и технологию сборки законцовок силовых проводов позволяет:

- сократить или полностью отказаться от использования Pb–Sn припоя и ликвидировать вредные для здоровья цеховые участки пропитки кабельных наконечников, повысить экологическую чистоту производства;

- многократно до 20 раз снизить расход электроэнергии, затрачиваемой на нагрев припоя в ванне и поддержание его в жидком состоянии;

- сократить в 1,5–2,5 раза расход меди на наконечники для сечений проводов от 70 до 300 мм² в результате перехода на использование тонкостенных трубок толщиной 1–1,5 мм по сравнению со стандартными наконечниками по ГОСТ 7386–80, а также при использовании вариантов Е, Ж, И, изготавливаемых из листовой меди толщиной 3 мм;

- в 5–10 раз снизить стоимостью наконечников, изготавливаемых предприятием из тонкостенных медных трубок, по сравнению с закупкой готовых кабельных наконечников по коммерческой цене;

- значительно сократить число операций подтяжки контактов в процессе эксплуатации самосвалов.

Реализация новой технологии на предприятии осуществлена путем организации участка МИОМ,

оснащение его магнитно-импульсной установкой МИУ-20 (рис. 3) энергоемкостью 20 кДж с максимальным напряжением заряда 20 кВ.

Изготовлены опытные партии силовых проводов сечением 120 мм² в сборе с кабельными наконечниками из трубок Ø 20×1, обжатые на провод импульсным магнитным полем энергией 7,2 кДж в количестве 100 шт. (рис. 4), которые проходят эксплуатационные испытания на серийных самосвалах в карьерах с различными видами добываемых ис-

копаемых при различных климатических условиях.

Внедрение разработанной технологии сборки кабельных наконечников с силовыми проводами импульсным магнитным полем позволит повысить прочностные и электропроводные свойства, температурную стойкость кабельных законцовок, многократно снизить энерго- и материальные затраты, устранить использование пайки оловянно-свинцовистым припоем, обеспечить экологическую безопасность производства.



Рис. 3. Магнитно-импульсная установка МИУ-20



Рис. 4. Опрессовка на провод ППСРМ 1500 кабельных наконечников на МИУ-20

Список использованных источников

1. Дмитриев В.В., Лившиц Ю.Я., Розин В.И. Магнитно-импульсная обработка деталей электротехнического производства // Кузнечно-штамповочное производство. – 1984. – № 7. – С. 8–9.
2. Курлаев Н.В., Гулидов А.И., Юдаев В.Б., Рынгач Н.А., Покалюхин Ю.С., Мишуков А.В. Численное моделирование процесса сборки наконечников с электрожгутами давлением импульсного магнитного поля // Кузнечно-штамповочное производство. – 2001. – № 8. – С. 38–42.

УДК 621.785.53

ПРИМЕНЕНИЕ БОРИРОВАНИЯ В ПОРОШКОВОЙ СРЕДЕ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, А.В. Ковальчук
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

В работе приведена характеристика и показана перспективность применения синтезированной насыщающей порошковой среды, полученной способом внепечной металлотермии для процесса борирования. Представлены данные о формирующихся компактных боридных слоях на сталях различных марок и их применимости для работы в различных условиях на примере конкретных деталей.

The characteristics and prospects of using synthesized powder saturating mixture obtained by the process out-of-furnace metallothermy for boriding process were shown. The data on the compact formed boride layers on steel of various grades and their applicability for use in a variety of conditions on the example of specific details were presented.

Введение

Технология термодиффузионного поверхностного легирования бором применима во многих отраслях промышленности, где речь идет об абразивном изнашивании поверхностей деталей машин. К ним можно отнести сельское хозяйство, производство строительных материалов, машиностроение и другие. Диффузионные борированные слои, получаемые на конструкционных и инструментальных сталях обладают высокой твердостью и износостойкостью и являются одними из наиболее стойких в условиях граничного трения. В условиях абразивного изнашивания без значительных динамических нагрузок борированные слои на стали могут превосходить по стойкости диффузионные слои, полученные в результате азотирования на 50–70 % [1, 2].

Процесс борирования может осуществляться из порошковых сред, расплавов, обмазок, газовых сред, плазмы тлеющего разряда и других, а свойства получаемых боридных слоев могут изменяться в широком диапазоне [3]. Указанные способы проведения процесса борирования имеют свои преимущества и недостатки для разных условий использования. Выбор способа борирования диктуется не столько стоимостью процесса, сколько его условиями производства и гео-

метрией упрочняемых деталей. При обработке мелких изделий небольшими партиями наиболее применим порошковый метод борирования.

Преимущества борирования в порошковой среде заключаются в возможности получения равномерного борированного слоя по поверхности детали, за исключением участков с криволинейной поверхностью радиусом до 4–5 мм. Борирование в порошковых смесях проводится при печном нагреве в герметичном контейнере с плавким затвором.

Анализ диаграммы состояния Fe–B показывает, что борированные слои на железе могут формироваться достаточно легко и с хорошей воспроизводимостью, так как бор с железом образуют выраженную замкнутую γ -область. Решающим фактором в формировании диффузионного слоя на стали являются фазовые превращения, связанные полиморфным превращением железа. Диаграммы состояния системы Fe–B, построенные различными авторами, имеют практически один вид. Некоторые отличия наблюдаются в определении авторами критических точек и идентифицировании фаз, что обусловлено различиями в методах исследований и их точности, а также представлениями о структурно-фазовом состоянии сплавов систем Fe–B и Fe–C–B.

На рис. 1 представлена схема полной диаграммы состояния системы Fe – В, построенная авторами [4] на основании обобщенных данных работ [5–7] с учетом существования экспериментально установленных боридов Fe_3B , Fe_2B , FeB , FeB_2 . Положения критических точек и значения концентраций по данным авторов диаграммы являются условными и представляют средние арифметические значения по результатам работ, опубликованным до 1996 года.

Получаемые борированные слои на стали могут быть компактными и некомпактными однофазными (Fe_2B) и двухфазными ($Fe_2B + FeB$) слоями, но независимо от этого диффузионный слой состоит из зоны боридов и переходной зоны в виде твердого раствора бора в α -железе [1, 8]. Кроме того, двухфазные боридные слои на стали состоят из боридов Fe_2B и FeB независимо от химического состава стали [9]. Однофазное борирование проводится, как правило, при температурах ниже $900^\circ C$, двухфазное – при температурах выше 900 – $920^\circ C$. Выбор режимов для формирования необходимого боридного слоя, как и эффективность боридных слоев, определяется, главным образом, условиями работы упрочняемых деталей.

В данной работе представлены результаты использования борирования в порошковой среде для упрочнения различных стальных деталей. Для каждой из рассмотренных деталей были проведены исследования для выявления оптималь-

ного режима борирования в связи с условиями их работы. Исследования были также направлены на получение достоверных данных о зависимости параметров диффузионного борированного слоя – толщины, фазового состава, морфологии и микротвердости боридного слоя от режимов диффузионного насыщения для различных марок сталей. Представлены определенные оптимальные параметры боридных слоев и режимы процесса термодиффузионного борирования.

Материалы и методики

В качестве насыщающей среды использовали порошковую смесь торговой марки «Besto-bor» – синтезированная порошковая среда для борирования, обладающая высокой насыщающей способностью, которая разработана сотрудниками научно-исследовательской лаборатории упрочнения стальных изделий БНТУ. Процесс поверхностного термодиффузионного легирования бором из указанных порошковых смесей зарекомендовал себя как обеспечивающий высокие технико-экономические показатели и стабильность свойств упрочняемых изделий. По своей эффективности процесс борирования из насыщающей среды «besto-bor» не уступает однотипным, разработанным зарубежными фирмами BorTec GmbH (Германия), Worldwide Alloy Surfacing Inc. (США), кратность использования насыщающей порошковой смеси может достигать 4–6 раз, а себестоимость такой обработки не превышает себестоимости жидкостного борирования [10]. Толщина диффузионного слоя в зависимости от назначения и технологических параметров процесса может варьироваться в широких пределах – от 50 до 400 мкм (рис. 1), а микротвердость может достигать 18–22 ГПа. При этом класс шероховатости поверхности после борирования при $Ra \leq 1,0$ – $1,25$ сохраняется на уровне исходного или снижается на 1–2 класса при $Ra \leq 0,25$ – $0,32$.

Порошковые среды получали алюмотермическим восстановлением с протеканием СВС-процесса внепечным способом [11]. Восстановленную смесь размалывали, просеивали до требуемого гранулометрического состава.

Результаты и их обсуждение

В результате подбора температурно-временных параметров борирования и активаторов, а также рационального размещения упрочняемых деталей в контейнерах получены боридные покрытия на различных стальных деталях (рис. 2), позволяющие повысить износостойкость в условиях их работы и получить экономический эффект.

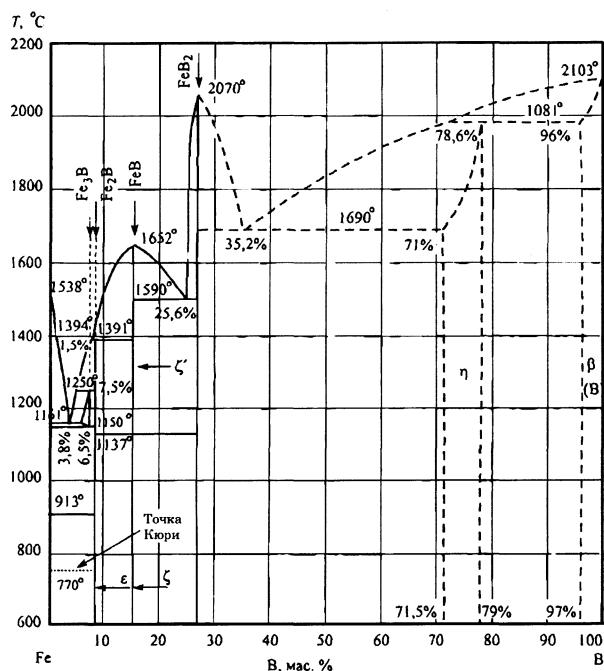


Рис. 1. Схема диаграммы состояния системы Fe-B [3]

Эффективная толщина слоя для разных деталей составила от 100 до 360 мкм, микротвердость поверхности варьировалась в пределах 16,0–19,5 ГПа.

Результаты исследования всех режимов борирования показали, что зависимости толщины диффузионного слоя от времени выдержки и температуры нагрева описываются параболическим и экспоненциальным законом, что соответствует классическим представлениям теории диффузии.

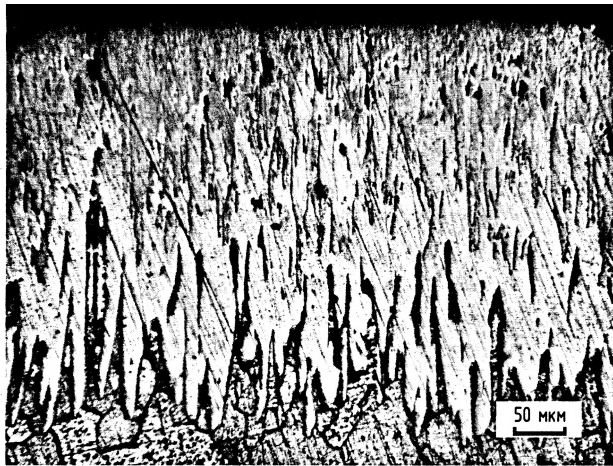


Рис. 2. Микроструктура боридного слоя, полученного из насыщающей среды «besto-bor» толщиной 400 мкм

Разработана технология борирования кернов для пластического прессования пустотелых изделий, которые используются на прессах керамических заводов строительных материалов и ставятся комплектами на специальные мундштуки. Типовой форма кернов использующихся при формовании кирпичной массы представлена на рис. 3, а. Основные требования к упрочнению обусловлены необходимостью высокой абразивной стойкости, прежде всего ребер детали, поскольку в результате движения глиняного бруса при выходе из мундштука они наиболее подвержены износу.

Термодиффузионное борирование обеспечивает повышенную защиту от искрообразования деталям при фрикционном взаимодействии, это активно используется для деталей уплотнительных и газораспределительных систем. В частности, на рис. 3, б представлены втулка и палец, работающие во взрывоопасной среде изобутана [12, 13].

Более высокие требования к процессу термодиффузионного борирования, с точки зрения отсутствия дефектов, коробления, сохранения достаточной прочности основного металла и прочее проявляются при упрочнении прецизионных деталей, в частности, золотников – деталей запорно-регулирующих элементов гидрораспределителя (рис. 3, в).

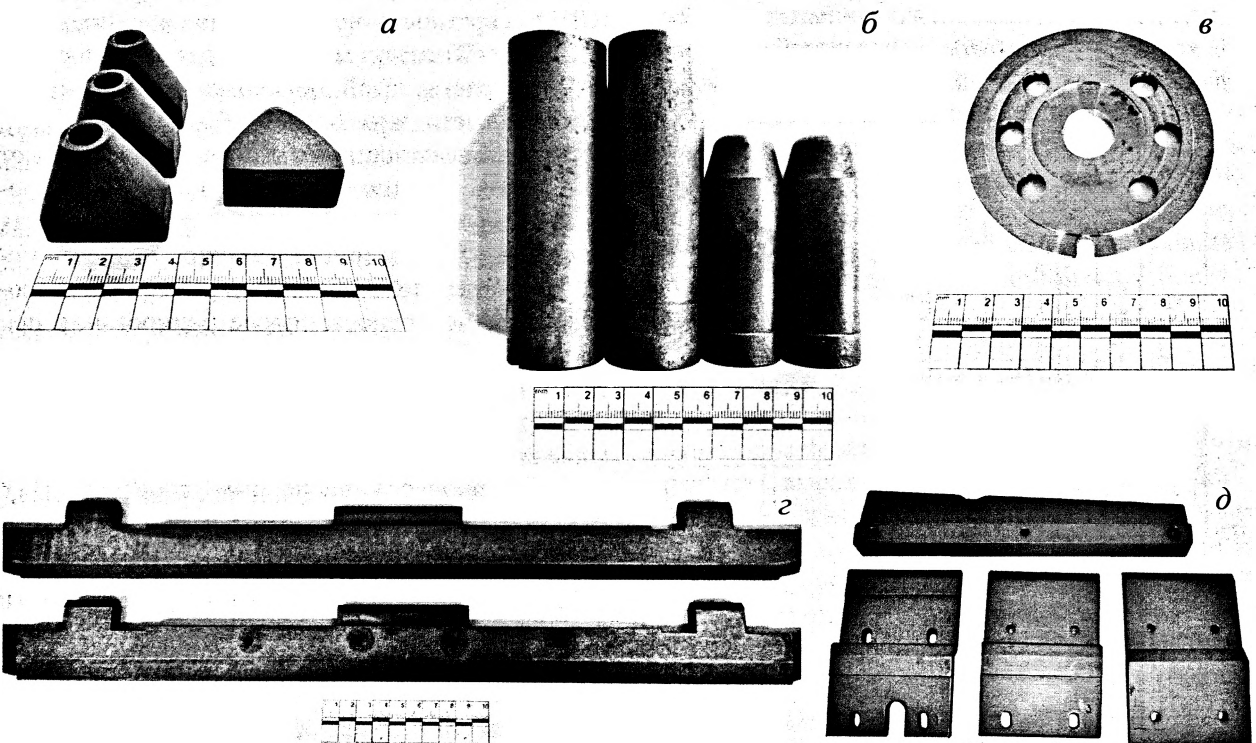


Рис. 3. Внешний вид упрочняемых деталей:
а – керны; б – втулка и палец; в – золотник крышки гидрораспределителя; г – пластины пресс-форм для литья под давлением; д – клинья пресс-форм для литья под давлением

Упрочнению подлежат также многие детали пресс-форм для литья под давлением сложной конфигурации: формообразующие детали, детали системы выталкивания и другие. Проводили борирование упоров, планок (рис. 3, *з*), используемых в системе, обеспечивающей смыкание и размыкание пресс-формы. С целью снижения износа и, как следствие расшатывания, снижения надежности запирания формы – клинья (рис. 3, *д*).

Таким образом, результаты использования борирования для рассмотренных деталей наглядно показали преимущества боридных покрытий, важнейшими показателями которых является высокая микротвердость до 20 ГПа и износостойкость. При этом функциональные возможности покрытий не ограничиваются только микротвердостью и износостойкостью, эффективным также является использование их для деталей искробезопасного назначения [14].

Табл. 1

Результаты термодиффузионного борирования стальных деталей

№	Деталь	Сталь	Защита от насыщения	Тип боридного слоя	Толщина боридного слоя, мкм	Микротвердость, ГПа
1	Керн ОАО «Керамика», (г. Витебск)	Сталь 20	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	320–360	18,0–19,5
2	Керн ОАО «Керамика», (г. Витебск)	Ст3	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	320–350	18,0–19,5
3	Палец Филиал ЗАО «Атлант» – Баранов. станк. завод	Сталь 40X	Защита от-верстий	компактный Fe ₂ B + FeV	190–220	16,8–18,4
4	Втулка Филиал ЗАО «Атлант» – Баранов. станк. завод	Сталь 40X	Защита от-верстий	компактный Fe ₂ B + FeV	150–200	16,8–18,2
5	Пластины пресс-форм для литья под давл. ЗАО «Атлант»	Сталь 40X	Защита резьбы и отверстий	некомпактный Fe ₂ B + FeV	180–230	16,4–17,8
6	Клинья пресс-форм для литья под давл. ЗАО «Атлант»	Сталь 40X	Без защиты	некомпактный Fe ₂ B + FeV	200–250	16,4–17,2
7	Золотник крышки гидрораспределителя ООО «Салео»	У8А	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	120–150	17,6–18,0
8	Золотник блока гидрораспределителя ООО «Салео»	9ХС	Без защиты	компактный Fe ₂ B + FeV	100–140	16,3–18,0

*приведенная микротвердость высокобористой фазы характерна для приповерхностного слоя, лежащего на глубине около 8–10 мкм

Заключение

Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получать высокие физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности, отсутствие скалываемости диффузионного слоя и других дефектов

борированного слоя на деталях различной геометрии из разных марок сталей.

Полученные результаты свидетельствуют об актуальности использования процесса борирования, в частности борирования в порошковых средах, для упрочнения деталей из инструментальных и конструкционных сталей.

Список использованных источников

1. Ворошнин, Л.Г., Борирование стали. / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978 – 126 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. – Москва: Металлургия, 1981 – 424 с.
3. Крукович, М.Г. Разработка теоретических и прикладных аспектов управления структурой и свойствами борированных слоев и их использование при производстве транспортной техники : дисс. ... докт. техн. наук : 05.16.01 / М.Г. Крукович. – Москва, 1995. – 416 л.
4. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.
5. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / Под ред. О.А. Банных, М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.
6. Диаграмма состояния двойных металлургических систем: Справочник: в 3 т.: Т. 1 / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.
7. Двойные и тройные системы, содержащие бор; справочн. изд. / ред. Ю.Б. Кузьма, Н.Ф. Чабан. – М.: Металлургия, 1990. – 320 с.
8. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, В.М. Константинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск.: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001 – 148 с.
9. Сорокин, Л.М. Упрочнение деталей борированием. / Л.М. Сорокин – М.: Машиностроение, 1972 – 325 с.
10. BESTO (Белорусские среды для термодиффузионной обработки) [Electronic resource] – Mode of access : <http://besto.by/vidy-obrabotok/borirovanie>. – Date of access : 28.04.2015.
- Кухарева, Н.Г. Получение высокобористых диффузионных покрытий на углеродистых сталях / Н.Г. Кухарева, С.Н. Петрович, Г.В. Стасевич // Металлургия : респ. межвед. сб. научн. тр. – Минск: БНТУ, 2013 – Вып. 34, – Ч. 2. – С. 9–15.
11. Дашкевич В.Г. Исследование фрикционной искробезопасности борсодержащих диффузионных и наплавленных покрытий / В. Г. Дашкевич, А.А. Пивоварчик, В. Г. Щербаков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. - 2013. - № 11. – С. 78-81.
12. Дашкевич, В.Г. Исследование искробезопасности покрытий при фрикционном контакте / В.М. Константинов, В.Г. Дашкевич, А.А. Пивоварчик // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн.1. Материаловедение/ редколлегия : С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларусь, 2013. С. 51–57.
13. Дашкевич, В.Г. Эффективные технологии поверхностной обработки изделий из стали / В.Г. Дашкевич, Г.В. Стасевич, А.В. Ковальчук, В.Г. Щербаков, Д.В. Гегеня // Научно-технические инновации : сборник докладов Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – Ч. 4. – С. 229–233.

УДК 667.6

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЗАЩИТНЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СУШИЛЬНЫХ ВАГОНЕТОК КЕРАМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

¹А.А. Жукова, ¹К.Б. Подболотов, ²И.Н. Ильюкевич

¹Физико-технический институт НАН Беларуси, ²СООО Амфокем
г. Минск, Беларусь

В работе исследована возможность получения защитных антикоррозионных покрытий для сушильных вагонеток с использованием различных ингибиторов.

The deals with research on feasibility of making protective anticorrosion coatings for drying trolleys using various inhibitors.

В течение последних нескольких лет в Республике Беларусь отмечается активное развитие строительства административных и жилых комплексов. В 2013–2015 гг. в городе Минске был построен целый ряд данных комплексов общей площадью более 2 000 000 кв. м, включающих такие жилые комплексы, как «Каскад», «Маяк Минска», «Грушевский посад», «Чайковский», «Рахманинов». В их создании были использованы различные строительные материалы: газосиликатные блоки, бетонные панели, цемент и другие. Также в качестве одного из основных строительных материалов применялся кирпич.

На сегодняшний день в Беларуси существует 14 действующих предприятий, занимающихся производством строительного кирпича. Среди них – Минский керамический завод ОАО «Керамин», ОАО «Минский комбинат силикатных материалов», КПУП «Обольский керамический завод», ОАО «Брестский КСМ», ОАО «Столбцовский кирпичный завод», ОАО «Радошковичский керамический завод» и другие.

Все указанные предприятия в полной мере удовлетворяют потребность строительной промышленности в кирпиче, однако существует проблема быстрого выхода из строя сушильных вагонеток вследствие коррозии. В частности, данная проблема очень остро встала перед ОАО «Радошковичский керамический завод».

Металлические конструкции (вагонетки) применяются для сушки кирпича-сырца тепловым носителем в виде печных газов при температуре 100–170 °С и относительной влажности 80–95 %. Эксплуатация сушильных вагонеток в таких условиях неизбежно приводит к коррозии, что в свою очередь значительно сокращает срок их службы, учитывая, что процесс сушки кирпича-сырца занимает около 50 часов. Таким образом, постоянно возникает необходимость ремонта или чистки вагонеток. Ремонт вагонеток осуществляется путем замены старых и корродировавших металлоконструкций, а также очистки металлических поверхностей химическими (обработка поверхности различными составами) или механическими (пескоструйная обработка) способами.

Однако проведение ремонта не всегда целесообразно ввиду значительных временных затрат. В связи с этим актуальной задачей является разработка и применение на предприятиях защитных антикоррозионных покрытий для сушильных вагонеток.

Материалы и методы исследования

Для исследования в качестве металлических подложек были использованы стальные пластины размером 100x100x10 мм, а также подверженные коррозии участки сушильной вагонетки, предоставленные ОАО «Радошковичский керамический завод».

В качестве основных компонентов для получения защитных антикоррозионных покрытий были использованы ингибиторы коррозии: Фосфолан PE 65 (анионное ПАВ алкил эфир фосфат, свободная кислота, AkzoNobel), АРМОНІВ 28 (алифатический азотный первичный амин, AkzoNobel) и ArmeenC (первичный алкил амин, RNH₂, где R – алкильные цепочки (C12-C14), AkzoNobel); целлюлоза; эфир бората.

Для получения хорошей адгезии, а также увеличения времени защиты металлоконструкции от коррозии был использован метод травления металла. Для химического удаления продуктов коррозии использовали серную кислоту (H₂SO₄), соляную кислоту (HCl) с добавлением ингибиторов коррозии (Фосфолан PE 65, АРМОНІВ 28, ArmeenC).

Защитные антикоррозионные покрытия представляют собой двухкомпонентные составы, включающие твердую и жидкую фазы. Для их приготовления в емкость засыпается твердая фаза, а затем заливается жидкая. В качестве жидкой фазы использовали воду. Затем их перемешивали до образования однородной суспензии.

Нанесение защитного покрытия на подготовленные стальные поверхности осуществляли с помощью кисти при температуре окружающего воздуха +18 °С, влажности 75 %.

Термическую устойчивость покрытий определяли путем нагрева экспериментальных образцов до температуры 100, 200, 300 °С и выдержкой их при данных температурах от 1 часа до 5 часов. Как показали исследования, покрытия обладают устойчивостью к действию температур до 300 °С.

Адгезию защитных антикоррозионных покрытий к металлическим подложкам определяли методом решетчатых надрезов по ГОСТ 15140-78. Она составила 2 балла. Также провели оценку стойкости покрытий к разбавленным кислотам: серной и соляной. Для этого на пластину со стороны покрытия устанавливался цилиндр с герметичным прилеганием к пластине, в который на-

ливались растворы кислот и выдерживались до появления коррозии или не менее 10 суток.

Морфологию и микроструктуру покрытий до и после термообработки исследовали методом металлографического анализа с помощью комплекса «Микро-200» и сканирующего электронного микроскопа Philips SEM 510s.

Результаты и их обсуждение

Для определения оптимального состава защитного антикоррозионного покрытия наиболее важным является выбор травителя и ингибитора. Как известно [1] действие большинства ингибиторов травления связано с образованием на поверхности металла адсорбционных слоев не толще одного монослоя. Введение ингибитора в соляную (HCl) и серную (H₂SO₄) кислоты не повлияет на изменение коррозионного потенциала стальных изделий, однако снизит скорость коррозии, что наглядно демонстрирует графическая зависимость, представленная на рис. 1.

В связи с этим были проведены эксперименты по определению оптимального травительного состава. Для этого использовали ряд составов травителей с ингибиторами, составы которых представлены в табл. 1.

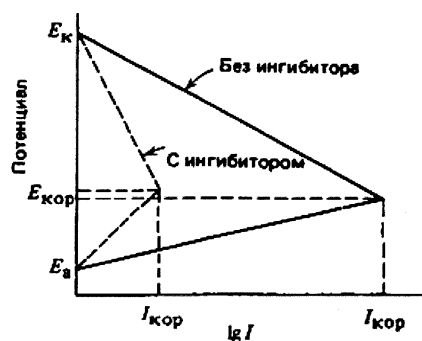


Рис. 1. Поляризационная диаграмма для стали, корродирующей в травильной кислоте с ингибитором и без него:

E_k – потенциал катода, В; E_a – потенциал анода, В; $E_{кор}$ – потенциал коррозии, В; $I_{кор}$ – скорость коррозии

Табл. 1
Составы травителей

Компоненты	Содержание, мас.%					
	100	100	100	–	–	–
HCl	100	100	100	–	–	–
H ₂ SO ₄	–	–	–	100	100	100
Фосфолан PE 65*	0,1	–	–	0,1	–	–
АРМОНІВ 28*	–	0,1	–	–	0,1	–
ArmeenC*	–	–	0,1	–	–	0,1
H ₂ O	100	100	100	100	100	100

* – количество ингибитора использовали согласно [1].

На рис. 2 представлены стальные протравленные пластины после термообработки в течении 6 часов при 100 °С и влажности 80–85 %.

Результаты анализа структуры поверхности стальных пластин показали, что более эффективно от коррозионного воздействия поверхность защищает травитель, состоящий из раствора соляной кислоты и ингибитора фосфолана PE 65.

Для определения оптимального состава покрытий была выбрана область составов, представленная в табл. 2.

На основании данных, полученных при измерении основных физико-химических свойств установлено, что оптимальными значениями термостойкости (300 °С) при хорошей адгезии (1 балл) и стойкости к кислотам обладает состав 16.

Целлюлозу в состав покрытий добавляли с целью придания покрытию хорошей адгезионной способности, а также для улучшения вязкости и равномерного распределения состава на поверхности стальных подложек.

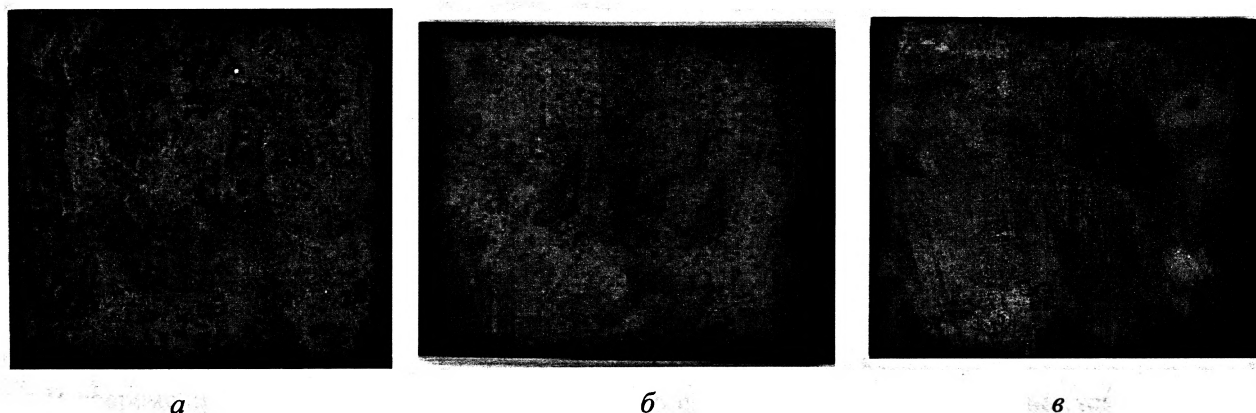


Рис. 2. Структура стальных пластинок:
а – без покрытия; б – раствор H_2SO_4 +фосфолан PE 65; в – раствор HCl + фосфолан PE 65

Табл. 2
Состав покрытий и их физико-химические свойства

Номер состава	Состав, мас.%			Свойства	
	Целлюлоза	Фосфолан PE 65	Эфир бората	Термическая устойчивость, °С	Адгезия, балл
1	0,1	1	0,5	50	2
2	0,2	1	0,5	90	2
3	0,3	1	0,5	90	2
4	0,4	1	0,5	200	2
5	0,5	1	0,5	100	2
6	0,5	1,2	0,5	130	2
7	0,5	1,5	0,5	150	2
8	0,5	2	0,5	200	2
9	0,5	2,5	0,5	200	2
10	0,5	3	0,5	210	2
11	0,5	3	0,5	230	2
12	0,5	3	0,6	250	2
13	0,5	3	0,7	250	2
14	0,5	3	0,8	260	1
15	0,5	3	0,9	290	1
16	0,5	3	1	300	1

Фосфолан РЕ 65 использовали в качестве ингибитора коррозии в виду того, что данное вещество обладает низкой температурой застывания 12 °С, что позволит покрытиям высохнуть при комнатной температуре без дополнительной термообработки, а также стабильностью при высоких температурах, что существенно увеличит температуру эксплуатации разрабатываемых покрытий.

Эфир бората использовали в качестве заменителя наиболее известного нитрита натрия

(NaNO_2), который широко используется как пассиватор коррозии и является весьма эффективным антикоррозионным компонентом. Однако, ввиду того, что нитрит натрия при определенных условиях образует нитрозамин, который является высокотоксичным соединением и обладает сильным канцерогенным действием, представляет опасность для здоровья человека, его стараются исключить из использования. Микроструктура экспериментальных образцов показана на рис. 3.

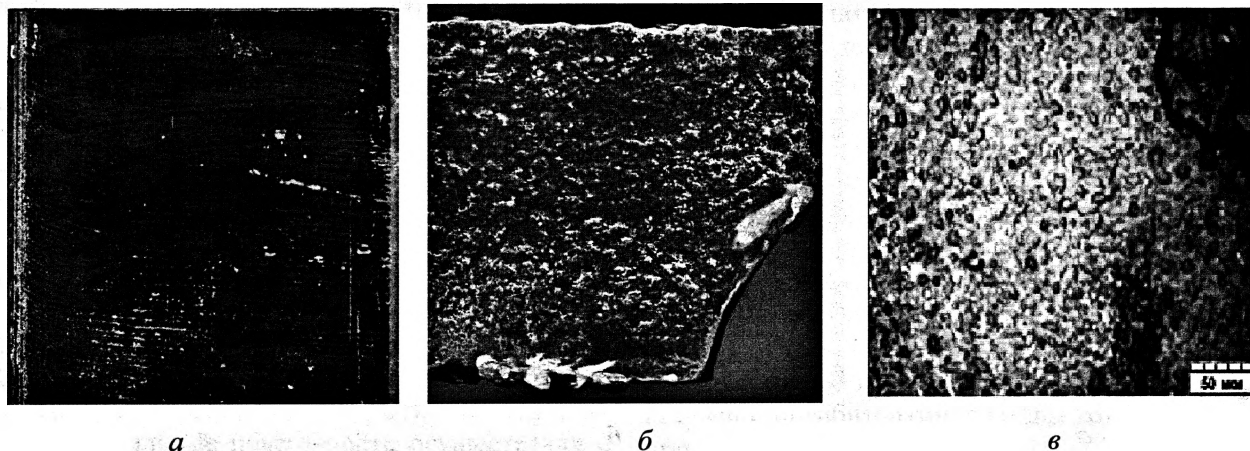


Рис. 3. Макро- и микроструктура стальных пластинок и фрагмента вагонетки:

а – макроструктура стальной пластины; б – макроструктура фрагмента вагонетки; в – микроструктура покрытия

Выводы

Исследование поверхности стальных пластин после обработки кислотными составами для травления показали, что более эффективно от коррозионного воздействия поверхность защищает травитель, состоящий из раствора соляной кислоты и ингибитора фосфолана РЕ 65. После нанесения покрытий проводилось исследование

термической устойчивости, адгезии и стойкости к разбавленным серной и соляной кислотам. Полученных при измерении основных физико-химических свойств установлено, что оптимальными значениями термостойкости (300 °С) при хорошей адгезии (1 балл) и стойкости к кислотам обладает состав содержащий, %: целлюлоза – 0,5; фосфолан РЕ 65 – 3,0; эфир бората – 1,0.

Список использованных источников

1. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./ Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.

УДК 629.3.027.3:004.94

ЗАЩИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА ПЛУГА

¹Е.В. Томило, ²В.В. Левкович

¹Белорусский национальный технический университет,

²Физико-технический институт НАН Беларуси

г. Минск, Беларусь

Предложенные конструкции защитных элементов корпусов плугов обладают повышенной жесткостью при малых значениях нагружения. Использование такого типа упругих элементов исключает срабатывание защитного элемента при наезде на встречающиеся в почве незначительные преграды. Применение предложенных защитных элементов позволяет повысить ресурсную долговечность защитных элементов корпусов плугов и качество вспашки.

Construction designs of the plow base protective elements are presented. The engineering solutions offer increased bending stiffness under the low load values. Using this type of elastic elements excludes the operation of the protective element when hitting encountered in the soil minor obstacles. Application of the proposed protective elements allows increasing endurance of the plow base protective elements and the quality of plowing.

В современном сельхозмашиностроении широкое распространение в качестве защитных элементов корпусов плугов получили плоские металлические упругие элементы. Чаще всего используют многолистовые рессоры, выполненные в виде набора листов постоянного поперечного сечения и различной длины. Такие металлические упругие элементы обладают высокой эксплуатационной надёжностью, стабильностью работы при различных температурах и возможностью оперативного изменения характеристик посредством добавления или удаления листов.

Однако, с целью уменьшения и устранения недостатков, присущих многолистовым рессорам (таких как большой вес, габариты, низкие скорость срабатывания и виброзащитные свойства, обусловленные межлистовым трением [1]), в последнее время в качестве защитных элементов корпусов плугов используют малолистовые рессоры, представленные в виде набора листов постоянной ширины с толщиной, изменяющейся по параболическому закону [2].

Защитные элементы корпусов плугов обеспечивают безопасность функционирования рабочих органов почвообрабатывающих машин при наезде на встречающиеся в почве инородные объекты (камни, корни и др.).

В процессе работы корпус плуга удерживается в почве на глубине вспашки (положение I на рис. 1);

в случае наезда на препятствие (усилие передается на подвижный конец рессоры в продольном направлении) рессора упруго деформируется и обеспечивает извлечение корпуса плуга из почвы (положение II на рис. 1). Далее следует выпрямление рессоры и возвращение корпуса плуга его в исходное положение (положение I на рис. 1).

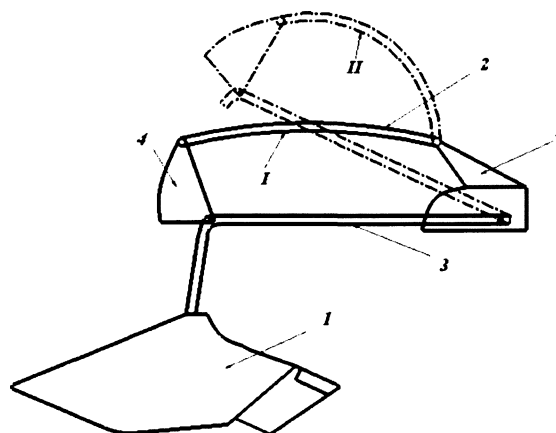


Рис. 1. Схема работы защитного механизма корпуса плуга:

I – положение рессорной защиты при вспашке;
 II – положение срабатывания упругого элемента при наезде на препятствие; 1 – корпус плуга; 2 – упругий элемент; 3 – грядиль; 4 – кронштейн подвижный; 5 – кронштейн неподвижный

Недостатком малолистовых рессор в качестве защитных элементов корпусов плуга является их недостаточная жесткость в процессе работы при малых степенях деформации, что вызывает работу рессор по циклу извлечение–заглубление плуга при наезде на незначительные препятствия (которые не могут привести к повреждению элементов корпуса плуга).

Рессорная защита в процессе вспашки при наезде плуга на небольшие преграды (комки, уплотнения в почве) срабатывает вхолостую, что ухудшает качество вспашки и условия работы деталей и узлов плуга. Наличие дополнительных рабочих циклов, характеризующихся знакопеременными напряжениями, снижает ресурсную долговечность рессорного листа. А для рессор, как защитных элементов корпуса плуга, наиболее остро стоит вопрос усталостной долговечности. Таким образом, срабатывание упругого элемента при наезде плуга на незначительные препятствия в почве (работа по циклу извлечение–заглубление корпуса плуга) ухудшает качество вспашки и снижает ресурс работы защитного элемента, что может привести к его преждевременной поломке.

При использовании защитного элемента с прямоугольным поперечным сечением (классические многолистовые и малолистовые рессоры) рессорный лист начинает деформироваться уже сразу с момента приложения нагрузки. Чтобы исключить срабатывание рессорной защиты при наезде на небольшие препятствия, необходимо оптимизировать закон изменения коэффициента жесткости на начальной стадии нагружения. Это возможно посредством изменения геометрии поперечного сечения рессорного листа. Наиболее оптимальной является геометрия поперечного сечения в виде сектора кольца, т.к. при нагрузке, не превышающей критическое значение, определяемое радиусом сектора кольца, вся работа силы идет на увеличение радиуса сектора кольца без изгиба рессорного листа в продольном направлении. При достижении радиусом сектора кольца бесконечности (т.е. поперечное сечение рессорного листа принимает прямоугольную форму) деформация рессорного листа идентична деформации прототипа.

Нами предложено несколько технических решений.

Первым техническим решением является защитный элемент, выпол-

ненный в виде полосы постоянной ширины и толщиной, изменяющейся по параболическому закону. Однако поперечное сечение, в отличие от классической малолистовой рессоры, представляет собой сектор кольца с неизменным по всей длине защитного элемента радиусом R , выбираемым в зависимости от необходимого коэффициента жесткости защитного элемента (рис. 2). Таким образом, для «легких» почв R выбирается большим, чем для «тяжелых» почв.

Из определения внутренних усилий в элементах плуга (рис. 3) нами установлено, что на подвижный конец защитного элемента (подвижный шарнир А) в процессе эксплуатации действуют горизонтальная и вертикальная составляющая усилия. Причем вследствие шарнирного закрепления неподвижного конца защитного элемента (неподвижный шарнир В) вертикальная составляющая вызывает движение защитного элемента вокруг шарнирного закрепления. Горизонтальная составляющая усилия будет проводить сжатие защитного элемента.

Таким образом, задачу расчета защитного элемента можно свести к задаче продольного изгиба.

На рис. 4 представлены результаты компьютерного моделирования срабатывания предложенного технического решения. А именно процесс выпрямления радиуса сектора кольца в поперечном сечении. Представлена картина деформирования защитного элемента с шагом 0,014 с. Исследования проводились для скорости вспашки 2,5 м/с. Левый конец рессорного листа шарнирно закреплён, а правый свободно перемещается вдоль оси ОХ. При моделировании защитный элемент был рассмотрен как линейно-деформи-

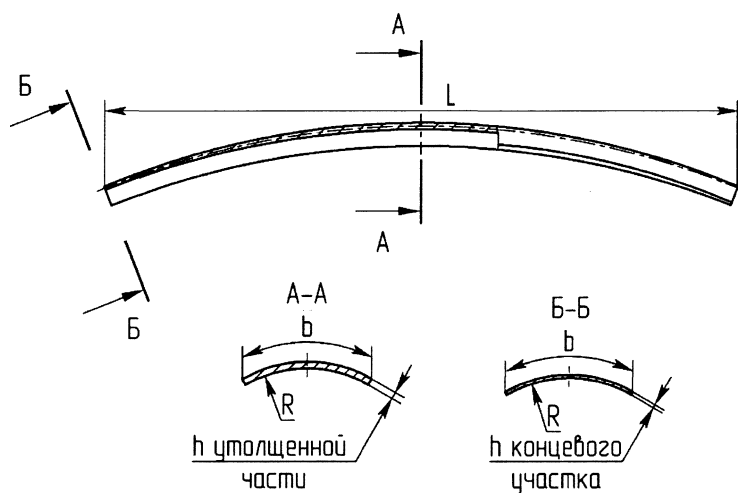


Рис. 2. Защитный элемент

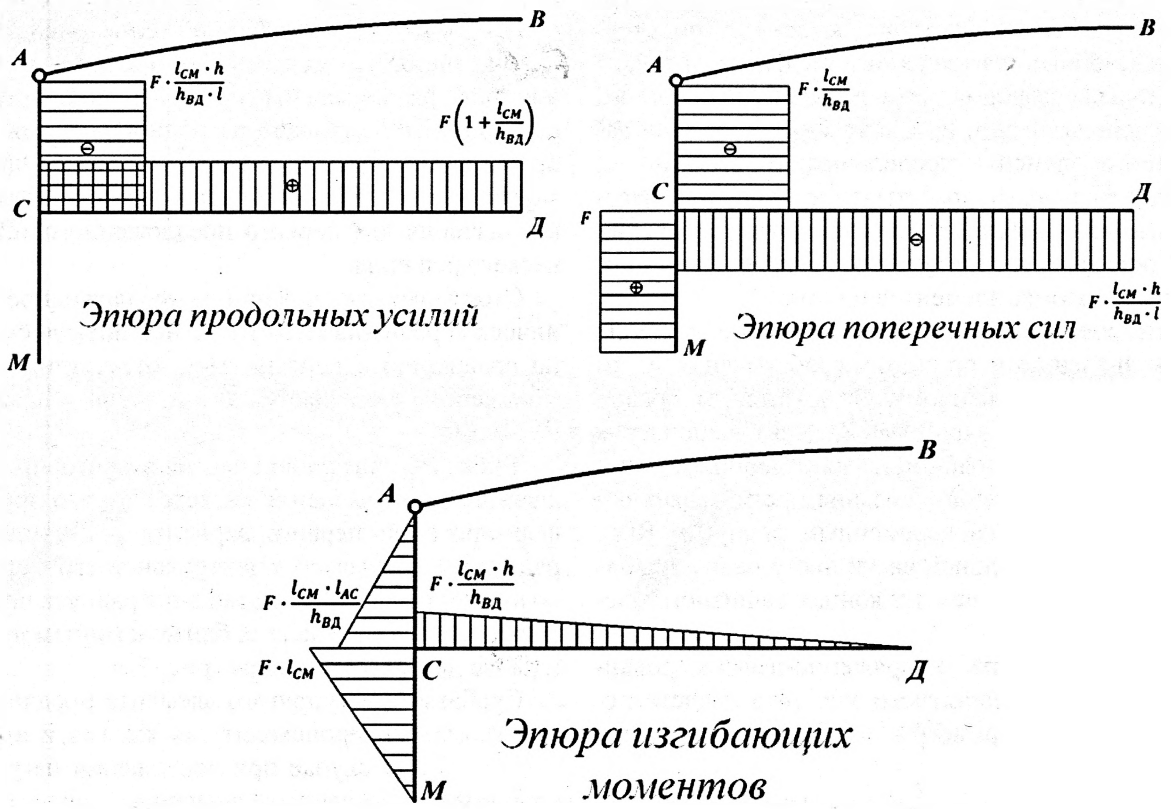


Рис. 3. Эюры внутренних усилий

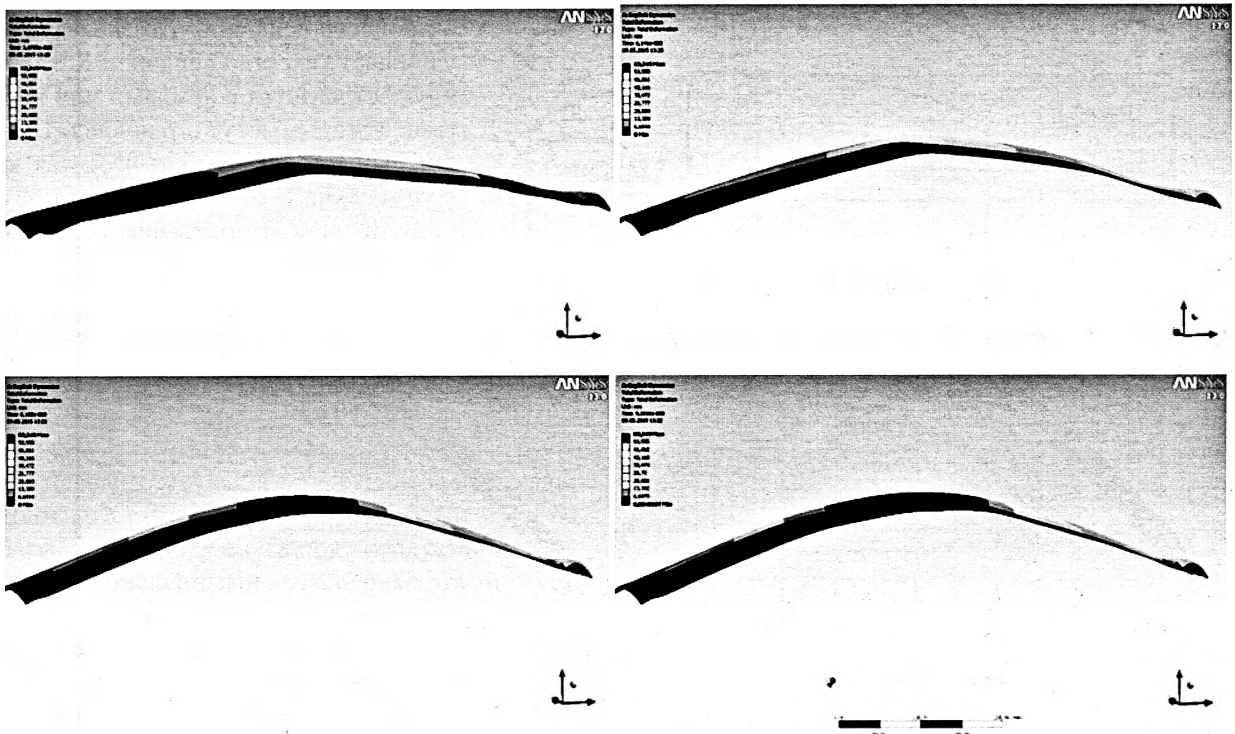


Рис. 4. Компьютерное моделирование деформирования защитного элемента

рованное изотропное тело. Очевидно, что сначала следует выпрямление радиуса сектора поперечного сечения в центральной части, а затем только продольная деформация рессоры. Таким образом, при использовании предложенной геометрии защитного элемента продольные деформации, а, следовательно, и срабатывание защитного элемента, будут наблюдаться только при достижении критического усилия (усилия, которое может привести к поломке элементов плуга).

Второе предложенное техническое решение по назначению и принципу срабатывания идентично выше описанному. Отличается от предыдущего тем, что защитный элемент выполнен в виде полосы постоянной не только ширины, но и толщины. Поперечное сечение представляет собой сектор кольца переменным радиусом $R(x)$, причём в центральной части листа радиус выбирается меньшим, чем на концах защитного элемента (рис. 5).

Моделирование напряжённо-деформированного состояния защитного элемента представлено на рис. 6. Параметры моделирования задава-

лись аналогичными выше описанному случаю, однако, разумеется, с отличной геометрией.

Очевидно, что нормальные напряжения равномерно распределены по поверхности листа рессоры, что указывает на рациональность выбранной геометрии защитного элемента. Однако значения для деформаций значительно превышают значения для первого предложенного технического решения.

Стоит заметить, что второе предложенное техническое решение является менее металлоёмким по сравнению с первым из-за отсутствия зоны утолщения, что является значительным преимуществом.

Также отличительной чертой второго, предложенного нами, решения является то, что при деформировании первого варианта распрямление радиуса наблюдается в центральной его части, а во втором варианте распрямление радиуса происходит сначала на участках ближе к концам листа, и далее движется к центру (рис. 7).

Срабатывание упругого элемента предложенной геометрии происходит так же, как и в первом случае при достижении нагрузки критического значения. Такой алгоритм срабатывания обеспечивает отсутствие рабочих циклов при наезде плуга на комки и уплотнения в почве, которые также необходимо обработать в процессе вспашки, что значительно улучшает качество вспашки. Когда же плуг встречается с камнями или корягами, которые могут его повредить, защитный элемент срабатывает, так как в этом случае усилие, передаваемое на упругий элемент, превышает критическое значение.

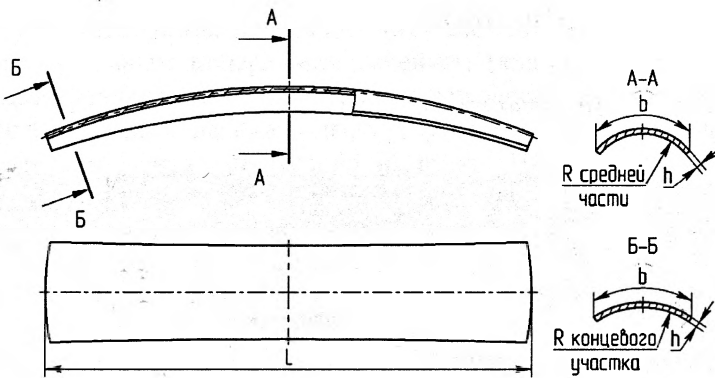


Рис. 5. Защитный элемент

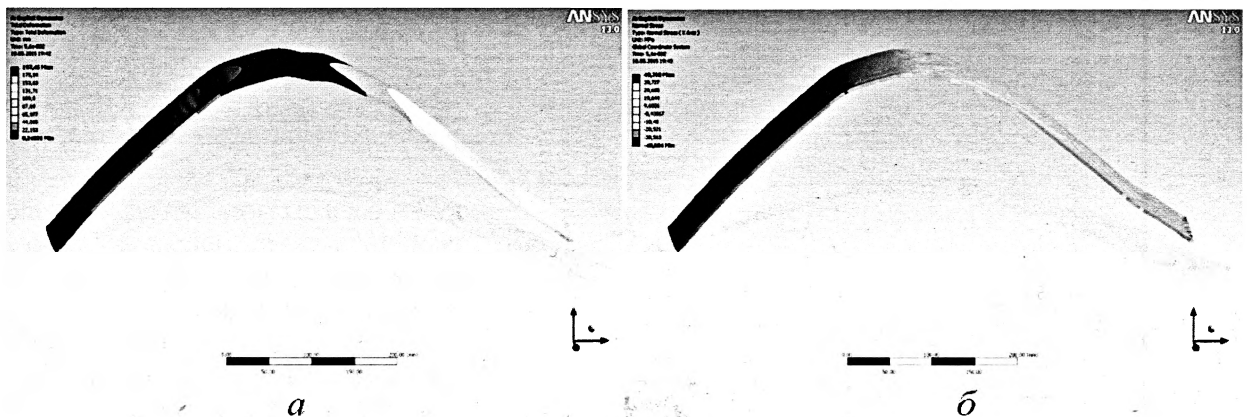


Рис. 6. а – деформации; б – нормальные напряжения

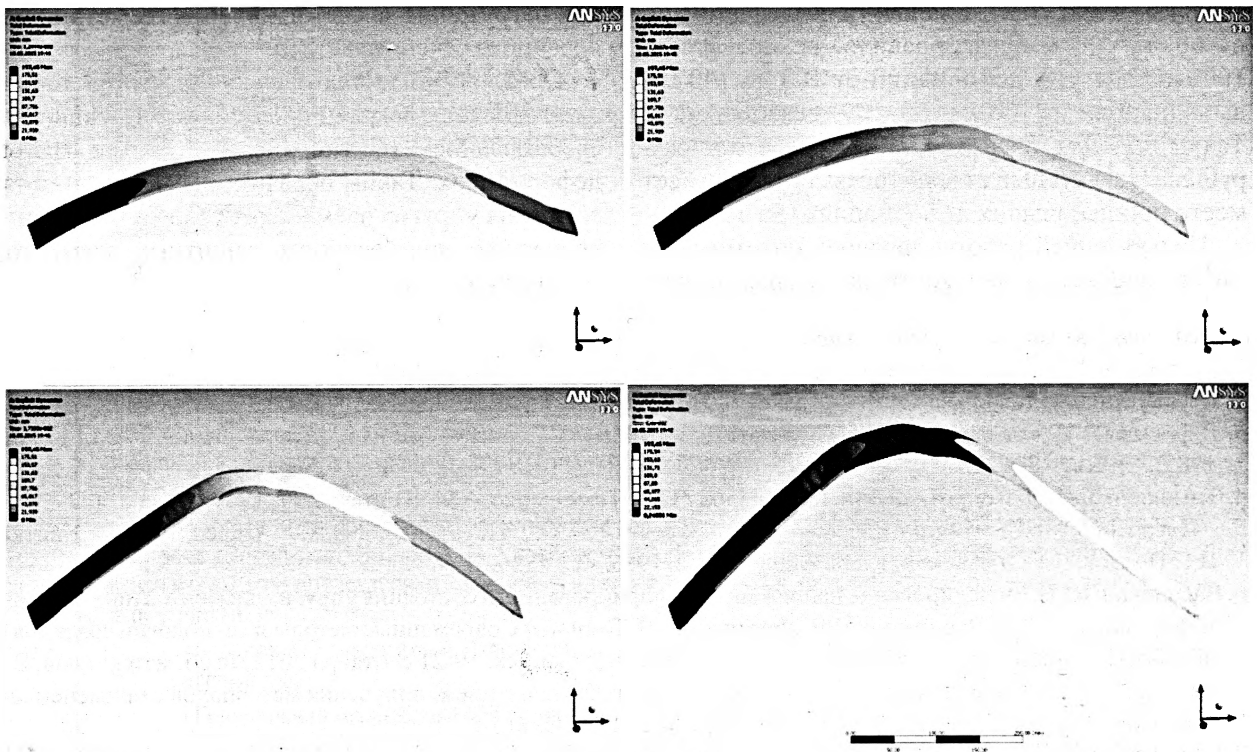


Рис. 7. Деформации защитного элемента

Третьим предложенным техническим решением является защитный элемент, выполненный из листа оваловидной формы постоянной толщины. Причём и поперечное сечение, и продольное представляют собой сектор кольца радиусом R (рис. 8).

Для предложенных нами технических решений на начальном этапе деформации небольшому приращению перемещения соответствует значительное приращение усилия (рис. 9). Благодаря этому корпус плуга не извлекается из почвы при наезде на препятствие, столкновение с которым не может привести к повреждению элементов плуга. При достижении нагрузкой критического значения происходит срабатывание защитного элемента, тем самым обеспечивая безаварийную работу плуга при эксплуатации.

Многочисленными экспериментами установлено, что за год эксплуатации защитного элемента корпуса плуга совершает около 2–2,5 тыс. циклов работы. Причём за всё время эксплуатации для деформации от 10 до 30 мм происходит в среднем 10–15 тыс. циклов; для деформации от 30 до 60 мм происходит в

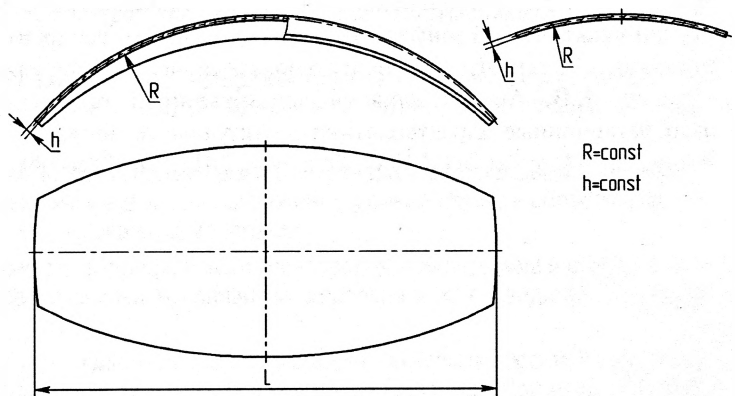


Рис. 8. Защитный элемент

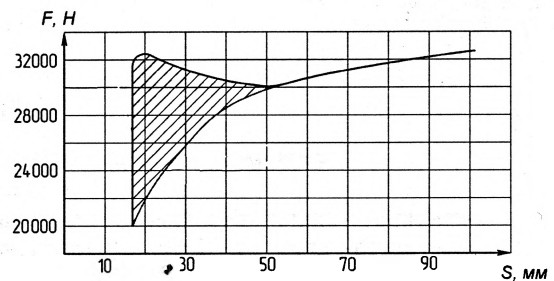


Рис. 9. Зависимость усилия сжатия защитного элемента в продольном направлении от перемещения свободного конца защитного элемента

среднем 3–3,6 тыс. циклов; для деформации от 60 до 100 мм, как правило, не превышает 1000 циклов; для деформации от 100 до 140 мм выполняется не более 80–100 срабатываний. Таким образом, очевидно, что усталостное разрушение, зависящее от количества циклов, имеет место при небольших деформациях (до 60 мм).

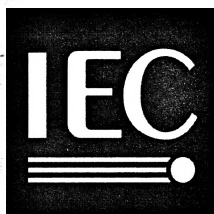
Целью нашей работы являлось оптимизация закона изменения жесткости на начальной ста-

дии нагружения за счет изменения геометрии поперечного сечения защитного элемента

Предложенные технические решения позволяют за счет повышенной жесткости исключить срабатывание защитного элемента при малых деформациях. Таким образом, использование такого типа упругих элементов позволяет повысить ресурсную долговечность защитных элементов корпусов плугов.

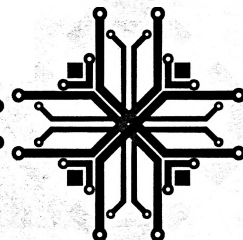
Список использованных источников

1. Горелик А. М. Малолистовые рессоры. М.: НИИНАвтопром, – 1981, с. 191.
2. Перспективные технологии / Под редакцией В.В. Клубовича – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – 599 с.
3. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 495 с.
4. Тимошенко, С. П. Сопротивление материалов / С.П. Тимошенко. – М. :Гостехиздат, 1943. – 345 с. Т. 2.
5. Писаренко, Г.С. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агарёв, А.Л. Квитка, В.Г. Попков, Э.С. Уманский. Киев. Вища школа, 1986. - С. 458-461.
6. Василевич, Ю.В. Моделирование напряжённно-деформированного состояния упругих элементов при больших деформациях / Ю.В. Василевич, В.В. Левкович, Е.В. Томило // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: VII Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 сентября 2012 г.): сб. материалов. В 3 кн. Кн. 3. Технологические процессы обработки металлов давлением, получения материалов с применением технологий литья. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. – С. 215-221.
7. Перспективные материалы и технологии / Под редакцией В.В. Клубовича – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2013. – 655с. – Глава 18. Аналитический расчёт и компьютерное моделирование напряжённно-деформированного состояния листовых рессор // Клубович В.В., Василевич Ю.В., Томило Е.В., Игнатков Д.А. – С.356–389.
8. Василевич Ю.В., Томило Е.В. Расчёт элементов почвообрабатывающей техники с учётом влияния инерционных сил // Современное состояние и проблемы естественных наук: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – С. 308-312.
9. Томило, Е.В. Анализ влияния конструкции и геометрии защитного элемента корпуса плуга на эксплуатационные характеристики // Актуальные вопросы машиностроения: Сборник научных трудов. Выпуск 2. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2013. – С. 286–289.



79-ая ГА МЭК

МИНСК 2015



В период с 5 по 16 октября 2015 г. в г. Минске, Республика Беларусь, пройдет уникальный международный инженерный форум – Генеральная ассамблея Международной Электротехнической Комиссии (МЭК), который соберет свыше 1300 делегатов со всего мира, в числе которых – представители ведущих мировых компаний в области электроники, электротехники, энергетики, радиосвязи, информационных и смежных технологий.

Примечательно, что к данному мероприятию приурочено проведение Международной специализированной выставки «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро», в рамках которой производители многих стран каждый год представляют свои новые научные достижения, инновационные решения и концепции в этой области.

Генеральный секретарь и Исполнительный директор МЭК Франс Вреесвик о Генеральной ассамблее:

«Генеральная Ассамблея МЭК является наиболее значимым событием мирового масштаба в области электротехники. Она предоставляет идеальную платформу для любой компании, заинтересованной в налаживании новых деловых контактов и представлении своей деятельности на всемирное обозрение»

Учитывая, что организаторами и спонсорами форума, как правило, выступают ведущие национальные и международные компании, мы имеем честь предложить Вам стать официальным спонсором 79-ой Генеральной Ассамблеи Международной Электротехнической Комиссии, которая пройдет в г. Минске в 2015 г.

Став спонсором Генассамблеи МЭК, Вы сможете продемонстрировать техническому сообществу успешность и инновационную направленность Вашей компании и выпускаемой продукции и/или предоставляемых услуг.

Ваше участие продемонстрирует важность использования международных стандартов МЭК как инструмента, который способствует развитию международных кооперационных связей в областях науки и технологии, образования, промышленного производства и торговли.

Мы будем признательны Вам за согласие стать официальным спонсором данного форума и создадим все необходимые условия для представления Вашей компании на мероприятиях, проводимых в рамках Генеральной ассамблеи.

Мы будем рады предоставить Вам любую дополнительную информацию. По всем вопросам, пожалуйста, обращайтесь в Секретариат Национального Комитета МЭК Республики Беларусь (Секретарь НК МЭК Республики Беларусь Юрий Пашик, iec2015@bellis.by, +375 17 2881641).

Заранее благодарим Вас за интерес, проявленный к нашему предложению, и надеемся скоро увидеть Вас в качестве нашего партнера.



Виктор Назаренко

Председатель Национального Комитета
Международной
Электротехнической Комиссии Республики Беларусь
Председатель Госстандарта Республики Беларусь

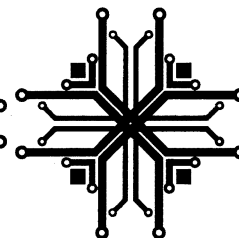




79-ая ГА МЭК



МИНСК 2015



Уровни спонсорства

Вы можете выбрать свой спонсорский уровень. Кроме стандартных преимуществ для спонсоров, организаторами Генеральной ассамблеи МЭК 2015 в Минске разработана система дополнительных привлекательных и уникальных привилегий для спонсоров данного мероприятия (включая программы содействия реализации инвестиционных проектов в данном регионе).

Алмазный Спонсор, вклад \$100 000

- Официальное признание и возможность выступления на церемонии открытия и закрытия;
- Спонсорство конкретных заседаний и мероприятий;
- Приглашение на участие в официальном ужине для председателей и секретарей национальных комитетов, в обеде Совета и официальном приеме Национального оргкомитета Беларуси для офицеров и сотрудников МЭК;
- Участие в пресс-конференции Генеральной ассамблеи и включение логотипа компании в пресс-релизы мероприятия;
- Предоставления места для размещения рекламы у стола регистрации и в бизнес центре;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Размещение логотипа компании на сувенирной продукции Генеральной ассамблеи;
- Включение сувенирной продукции и печатных материалов в наборы для делегатов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Почетная доска с признанием в качестве Алмазного спонсора;
- Программа содействия «Инвестирование в регионе»

Платиновый спонсор, вклад \$50 000

- Официальное признание на церемонии открытия и закрытия;
- Спонсорство конкретных заседаний и мероприятий;
- Приглашение на участие в официальном ужине для председателей и секретарей национальных комитетов, в обеде Совета;
- Участие в пресс-конференции Генеральной ассамблеи и включение логотипа компании в пресс-релизы мероприятия;
- Предоставления места для размещения рекламы у стола регистрации и в бизнес центре;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Размещение логотипа компании на сувенирной продукции Генеральной ассамблеи;
- Включение сувенирной продукции и печатных материалов в наборы для делегатов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Почетная доска с признанием в качестве Платинового спонсора
- Программа содействия «Инвестирование в регионе»

Золотой спонсор, вклад \$25 000

- Официальное признание на церемонии открытия и закрытия;
- Спонсорство конкретных заседаний и мероприятий;

- Приглашение на участие в официальном ужине для председателей и секретарей национальных комитетов, в обеде Совета;
- Включение логотипа компании в пресс-релизы мероприятия;
- Предоставления места для размещения рекламы у стола регистрации и в бизнес центре;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Размещение логотипа компании на сувенирной продукции Генеральной ассамблеи;
- Включение сувенирной продукции и печатных материалов в наборы для делегатов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Почетная доска с признанием в качестве Золотого спонсора

Серебряный спонсор, вклад \$15 000

- Официальное признание на церемонии открытия и закрытия;
- Спонсорство конкретных заседаний и мероприятий;
- Приглашение на участие в обеде Совета;
- Включение печатных материалов в наборы для делегатов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Почетная доска с признанием в качестве Серебряного спонсора

Бронзовый спонсор, вклад \$10 000

- Официальное признание на церемонии открытия и закрытия;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Включение печатных материалов в наборы для делегатов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Почетная доска с признанием в качестве Бронзового спонсора

Спонсор, вклад \$5 000

- Официальное признание на церемонии открытия и закрытия;
- Реклама на месте с использованием, логотипов, баннеров и авторских макетов;
- Размещение корпоративного логотипа и ссылки на сайте Генеральной ассамблеи;
- Использование логотипа Генеральной ассамблеи МЭК 2015 на бланках и вебсайте «Официального спонсора»;
- Почетная доска с признанием в качестве Спонсора

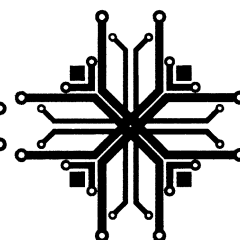




79-ая ГА МЭК



МИНСК 2015



СОГЛАСИЕ ВЫСТУПИТЬ СПОНСОРОМ ГЕНАССАМБЛЕИ МЭК 2015

Спонсор _____
 Контактное лицо _____
 Должность _____
 Адрес _____

 Город _____
 Почтовый индекс _____
 Страна _____
 E-mail _____
 Тел.: _____
 Факс: _____

- Пожалуйста, безотлагательно выставьте нам счет
 Пожалуйста, свяжитесь с нами для согласования индивидуального графика перечисления средств

УРОВЕНЬ СПОНСОРСТВА	СУММА
<input type="checkbox"/> БРИЛЛИАНТОВЫЙ СПОНСОР \$	100 000
<input type="checkbox"/> ПЛАТИНОВЫЙ СПОНСОР	50 000
<input type="checkbox"/> ЗОЛОТОЙ СПОНСОР	25 000
<input type="checkbox"/> СЕРЕБРЯНЫЙ СПОНСОР	15 000
<input type="checkbox"/> БРОНЗОВЫЙ СПОНСОР	10 000
<input type="checkbox"/> СПОНСОР	5 000

Подпись _____
 (от имени спонсора, указанного выше)

Имя _____

Дата _____

E-mail _____

Пожалуйста, заполните и отправьте по адресу:

БЕЛЛИС – Секретариат Национального Оргкомитета по подготовке к проведению Генассамблеи МЭК 2015 в Минске

Ул. Красная 8, Минск, 220029, Республика Беларусь

Тел.: +375 17 288 16 41 Факс: +375 17 288 16 41

E-mail: iec2015@bellis.by

(Просьба форму предварительно направить по факсу или электронной почте).

СПОНСОРСТВО КОНКРЕТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ИЛИ ЗАСЕДАНИЙ

Серебряные, Золотые, Платиновые и Бриллиантовые Спонсоры имеют возможность стать спонсором конкретных мероприятий/заседаний в рамках Генассамблеи (кофе-паузы, приемы, обеды, бизнес центр, ИТ и/или аудио-видео оборудование, приветственные наборы для делегатов и т.д.).

Также в рамках Генассамблеи пройдут заседания свыше 20 технических комитетов/подкомитетов МЭК. Возможно также стать спонсором этих заседаний.

Пожалуйста, свяжитесь со мной по вопросу:

- Спонсорства конкретных мероприятий
 Спонсорства заседания Технического комитета/ подкомитета МЭК

Льготные условия для спонсоров

Спонсоры получают возможность заказывать рекламу в г. Минске на льготных условиях.

Пожалуйста, свяжитесь со мной по вопросу:

- Условий льготного предоставления рекламных услуг

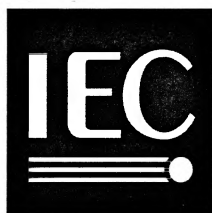
ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Бриллиантовые и Платиновые Спонсоры получают необходимые консультации, а также полное содействие в подготовке и организации встреч с ответственными лицами (включая членов правительства Республики Беларусь) по вопросам реализации инвестиционных программ Спонсора и создания совместных инвестиционных проектов в Республике Беларусь и регионе, а также содействие в их реализации.

Пожалуйста, свяжитесь со мной по вопросу

- Реализации инвестиционных программ и проектов в Республике Беларусь и регионе.

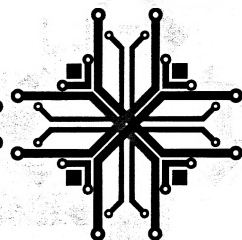




79-ая ГА МЭК



МИНСК 2015



Созданная в 1906 году Международная Электротехническая Комиссия (МЭК), первым президентом которой был британский ученый лорд Кельвин, имеет давнюю историю содействия рыночным отношениям.

МЭК является ведущей международной организацией, которая занимается разработкой и публикацией стандартов в области электротехники, электроники и смежных технологий. Эти стандарты составляют основу национальной стандартизации и содержат технические требования, устанавливаемые при разработке международных тендерных заявок и контрактов.

Через своих национальных (83) и аффилированных (83) членов – включая основные мировые торговые державы и растущее количество новых индустриальных стран – МЭК содействует глобальному сотрудничеству в вопросах стандартизации и оценки соответствия продукции требованиям стандартов в области электротехники, электроники, энергоэффективности, альтернативной энергетики и других смежных технологий.

Международные стандарты МЭК содействуют развитию международной торговли путем устранения технических барьеров в торговле, что ведет к появлению новых рынков и экономическому росту. Сфера ее деятельности охватывает все электротехнические технологии, включая радиоэлектронное оборудование, магнитные явления и электромагнитные характеристики, электроакустику, мультимедийные устройства, телекоммуникацию, производство и распределение энергии, а также взаимосвязанные с ними общие дисциплины, такие как терминология и символы, электромагнитная совместимость, значение измерений и характеристики, надежность, проектирование и разработка, безопасность и вопросы окружающей среды.

ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ В БЕЛАРУСЬ!



ТРУЖЕННИК НЕБА

Клеванец Ю.В.

80 лет назад в небо впервые поднялся самолёт, по форме чем-то неуловимо напоминавший голубя. Он стал эталонным и для мировой авиации вообще, и для советской в частности. В СССР самолёты этого типа почти четыре десятка лет перевозили разные грузы, пассажиров, участвовали во всех битвах Великой Отечественной войны, осваивали Арктику, использовались в качестве десантных и различных летающих лабораторий, поставлялись за рубеж, однако всегда были как бы немного «в тени». Шумный успех у публики сопутствовал другим машинам, а не этим работягам. Речь идёт о Дугласе ДС-3 и о его советском варианте Ли-2. В год 70-летия Победы самое время вспомнить надёжного и скромного труженика.

1. Предыстория

1.1 В США

Пролетарский поэт Владимир Маяковский в своих воспоминаниях о поездке в Америку писал: «В Соединённых Штатах почти нет пассажирских полётов», Писал с удивлением: вроде бы всеми признано, что США — передовая техническая держава — и вот те на! Сам наблюдательный стихотворец видел самолёты в Америке дважды: первый раз на границе с Мексикой (Маяковский ехал в США через Гавану и Мехико) — это был самолёт пограничной охраны США. Второй раз уже в Нью-Йорке — на каком-то рекламном шоу. И всё. Путешественник сделал вывод: пока в конкурентной борьбе авиации с железнодорожным транспортом последний побеждает.

А дальше случилась Великая депрессия.

В один не очень прекрасный день авиакомпания США и связанные с ними производства почувствовали, что если они не предложат рынку нечто, что можно назвать словами «дёшево и сердито», то должны будут спокойно и демократично распускать персонал.

Но что предлагать?

Надо сказать, что деревянные конструкции к рубежу 20–30-х гг. прошлого века пришли в своём развитии к некоей вершине. То же самое можно сказать и про обычные карбюраторные бензиновые двигатели. Пробовали ставить 8 цилиндров в ряд — можно, но сложно: нарастает вероятность крутильных колебаний вала. На звездообразных моторах тоже больше 9 цилиндров не поставишь. Все лучшие двигателестроители мира пришли примерно к одинаковому результату: 9–12 цилиндров, общий объём порядка 10 л, частота враще-

ния вала около 2000 об/мин, мощность на взлёте от 500 до 550 лошадиных сил.

Решение было подсказано спортивной авиацией. Во-первых — переход к металлическим дюралюминиевым конструкциям с работающей обшивкой. Первой ласточкой в этом смысле в Америке стал самолёт Северского, русского эмигранта. Во-вторых — кардинальное улучшение аэродинамики: внедрение гладких обшивок, убирающегося шасси, тщательного капотирования двигателей и радиаторов. В-третьих — обязательно более мощные двигатели, ибо вырваться из-под пресса железнодорожных перевозчиков можно было только предложив потребителю высокую скорость доставки грузов. Для повышения отдачи моторов следовало применять винты изменяемого шага (ВИШ). До использования ВИШ самолёты летали как бы на первой скорости. Следовало также сжимать топливовоздушную смесь до поступления её в цилиндр и стараться повысить частоту вращения вала мотора.

Уже первые опыты установки компрессоронагнетателей топливовоздушной смеси дали хорошие результаты. В начале 1930-х гг. на фирме «Пратт-Уиттни» был испытан двигатель «Уосп» (Оса), 7-цилиндровый мощностью 600 л. с. Фирма «Боинг» на основании этих двигателей принялась разрабатывать самолёт Боинг-247, который мог перевозить 10 пассажиров на расстояние в 1200 км. Заказчиком стала авиакомпания «Эмерикен Эйрлайнз», входящая вместе с «Боингом» в корпорацию «Юнайтед Эйрлайнз».

В пику конкурентам авиакомпания TWA (Транс Уорлд Эйрлайнз) обратилась к фирме Дональда Дугласа. Сам основатель и его главный

инженер Артур Дэймонд постарались собрать в своей машине всё лучшее, что было наработано более чем 20-летним опытом развития авиации. Американские конструкторы как бы «перепрыгнули через ступеньку», то есть если в Старом Свете между деревянными и штампованными металлическими конструкциями самолётов было «промежуточное звено» в виде металлических ферм и гофрированной несущей обшивки, то американские специалисты, в том числе и Дуглас, сразу взялись за внедрение прессов и штампов.

Дуглас также применил в своей новой машине трёхлонжеронное крыло, и это решение стало «изюминкой» всей силовой схемы. Автору этих строк неизвестно, знал ли отец-основатель одной из ведущих американских авиастроительных фирм о некоторых эффектах, происходящих в конструкции в условиях динамического нагружения, или ему это кто-то подсказал. Но действительно, при знакопеременных нагрузках в условиях вибраций трехлонжеронное крыло, даже и с ослабленными лонжеронами будет в выигрыше по части массы относительно двухлонжеронного крыла, пусть даже и с лонжеронами усиленными. Для лучшего эффекта центроплан крыла был сделан с двойной обшивкой, то есть гладкая шла поверх гофрированной. Обратная сторона такого решения — это усложнение расчётов (нужно применять матричное счисление) и усложнение производства.

В качестве двигателей новой машины был выбран новейший мотор фирмы «Райт» «Циклон-SGR-1820» девятицилиндровая «звезда» с нагнетателем фирмы «Дженерал Электрик» и максимальной частотой вращения вала 2200 об/мин. Мотор был рассчитан на потребление бензина с октановым числом 88 и развивал мощность в 690 л. с. на взлёте. Двигатели постоянно дорабатывали своё изделие, соответственно, появлялись модификации с большей мощностью, даже и при тех же оборотах.

Итак, первый полёт новой машины, названной ДС-1 («Дуглас коммершал») состоялся в июле 1933 г. Самолёт действительно вобрал в себя всё лучшее, что было накоплено авиацией к тому времени. Он явно превосходил конкурента фирмы «Боинг» и превосходил требования заказчика. Так, TWA требовала, чтобы максимальная скорость была около 300 км/ч и дальность 1000 миль (1680 км) при перевозке 12 пассажиров и при трёх двигателях. ДС-1 выполнял эти условия, дальность оказалась даже немного большей, но моторов было два. Самолёт понравился

заказчику, но для полного успеха авиаперевозчик согласился потерпеть ещё год при условии, что разработчик сделает машину 14-местной.

Сам ДС-1 в серию не пошёл, он использовался в пиар-кампании фирмы «Дуглас». В 1934 г. нём было установлено 19 мировых и национальных рекордов дальности полётов с разными грузами. Отметим здесь рекордный трансамериканский перелёт: 18/19.02.1934 г. самолёт пролетел от побережья до побережья океанов за 13 ч 4 мин без посадок.

Но вернёмся к разработчикам. Для выполнения новых требований заказчика пришлось построить новый самолёт, пропорционально увеличив все его основные размеры. Так, длина увеличилась на 2 фута, в метрической системе стала равняться 18,9 м, размах крыла — 25,9 м, высота — 4,9 м.

За год конструкторам фирмы удалось проработать не менее 10 вариантов силовой схемы, внешнего вида и внутренней компоновки своего детища. Автор этих строк в своё время читал мемуары одного из разработчиков о том, в какой спешке и с какими ошибками всё делалось. Книга была сколь смешной, столь и поучительной.

Но всё было сделано в срок. В начале мая 1934 г. новый ДС-2 отправился в первый полёт. Теперь было уже совершенно ясно, что машина получилась и удачной, и перспективной, с возможностями для дальнейшей модернизации. Скажем несколько слов об особенностях её конструкции.

Двигатели — те же «Циклоны», вариант F3, мощность 710 л. с. Винты фирмы «Гамильтон Стандарт», изменяемого шага, скорость крейсерская около 240 км/ч, в дальнейшем, с более мощными моторами, скорость увеличивалась. Конструктивная новость: капоты моторов типа НАСА, с минимальным сопротивлением, ещё одна особенность — аэродинамические зализы между крылом и фюзеляжем, крылом и мотогондолами (патент Кармана, их так и называли — «карманами»). Обшивка самолёта в целом гладкая дюралевая, обшивка рулевых поверхностей матерчатая. Рулевые поверхности имеют триммеры для облегчения работы пилота (в канале крена только на одном элероне). Рулевые поверхности велики, самолёт очень устойчив. Есть посадочная механизация, щитки. Шасси убирающиеся, в убранном положении пневматики выступают за обводы мотогондол, что должно было помогать при аварийной посадке. Двери открываются наружу. Экипаж 3 человека, 14 пассажирских кресел в 2 ряда с проходом. Кресла устанавливались

на индивидуальных амортизаторах и могли регулироваться и вращаться. Панель приборов тоже на амортизаторах. Среди приборов еще авиагоризонт и автопилот, новость по тем временам. Все специалисты отмечали хорошую шумо- и теплоизоляцию салона.

TWA сразу же после первых полётов заказала серию в 20 машин. А головной экземпляр уже 18.05.1934 г. совершил первый коммерческий рейс на линии Колумбус – Питтсбург – Нью-Арк. Эта же машина участвовала в гонках Лондон – Мельбурн и пришла второй.

Американцы, умеющие считать деньги, под воздействием профессиональной рекламы стали обращать взоры на авиацию. Угроза разорения фирмы «Дуглас» миновала. «Эмерикен Эйрлайнз» (AA) также заказала серию самолётов. За ней потянулись и другие авиаперевозчики: «Истерн Эйрлайнз» (EA), «Вестерн Эйрлайнз» (WA), «Скай Шеф» (SS). Последняя, к примеру, использовала DC-2 для полётов на линии Нью-Йорк – Лос-Анжелес (промежуточные посадки в Чикаго, Канзас-Сити, Альбукерке), EA летала из городов восточного побережья в Майами.

Отметим, что основной спрос на авиаперевозки был и остаётся сезонным во всех или почти во всех странах. В США, конечно, наибольшую популярность имели и имеют пассажирские рейсы между промышленными городами Севера и побережьем Мексиканского залива и Атлантики. Однако и на Западе имеются крупные города и порты. Поэтому авиакомпания старались захватить и рынок трансконтинентальных перевозок. На DC-2 это было возможно с тремя посадками.

И, наконец, на «Дуглас» обратила внимание армия США. Для неё были разработаны транспортный (с грузовым люком), десантный, санитарный и штабной варианты самолётов с разными двигателями. Они имели обозначения C-32, C-33, C-34, C-38, C-39, C-41, C-42.

Был интерес и зарубежных авиаперевозчиков. Япония организовала у себя сборку самолётов из американских комплектующих. У японцев «Дугласы» DC-2 назывались «Шова» L2D2 или Накашима-Дуглас. В Европе основным дилером фирмы стал голландский «Фоккер». Он получил разрешение изготовителя на поведение некоторых доработок. Так, например, в Польшу были проданы машины с английскими, а не американскими моторами фирмы «Бристоль» с целью упрощения ремонта.

Между прочим, три DC-2 в Финляндии приняли участие в «зимней» войне с СССР в 1939–

1940 гг. При оккупации Голландии немцам достались и принадлежащие «Фоккеру» 10 не проданных машин DC-2. До конца Второй Мировой войны они летали в «Люфтваффе».

Всего было построено 152 DC-2 с моторами «Циклон» мощностью 710, 740, 760, 875 л. с. и с моторами фирмы «Пратт-Уиттни» «Хорнет» в 700 л. с., не считая польских машин с упомянутыми выше английскими двигателями.

Но пока налаживалось производство, конструкторы не сидели сложа руки. «Эмерикен Эйрлайнз» заказала машину для длительных перелётов с 16 спальными местами. Снова пришлось пересчитывать все размеры. Размах крыла у нового самолёта стал равняться 29,98 м, длина тоже увеличилась до 19,66 м. Новый самолёт назвали «Спальным транспортёром Дугласа» — DST, но вскоре заменили название на DC-3. Первый вариант новой машины был оснащён двигателями «Циклон» в 920 л. с. DC-3 сделал фирму «Дуглас» узнаваемой во всём мире. В самих Соединённых Штатах пассажиропоток с 1935 по 1940 гг. увеличился в 6 раз в основном благодаря DC-2 и DC-3, в 1938 г. около 95 % воздушных перевозок производилось в Америке на самолётах «Дугласа». Конструкторы фирмы разрабатывали всё новые варианты самолёта с более мощными двигателями. Использовались моторы фирм «Райт» «Циклон» мощностью от 920 до 1100 л. с. (уже с повышенными оборотами и понижающим редуктором) и серия двигателей «Пратт-Уиттни» «Твин Уосп» с удвоенным числом (т. е. с 14) цилиндров и мощностью до 1200 л. с. В сентябре 1940 г. по заказу армии США начались работы над военным вариантом DC-3, получившим индекс C-47 и названия «Скай Трэйн» или «Дакота».

В области же пассажирских перевозок в конце 1930-х гг. в Америке сложилась классическая триада самолётов-перевозчиков. На дальних, трансконтинентальных и трансокеанских линиях «работали» Боинги-307 с дальностью полёта свыше 3000 км и большие летающие лодки (в т. ч. И. Сикорского). Линии средней протяжённости были отданы самолётам «Дугласа». Малые дальности обслуживали машины «Локхид» «Электра» с дальностью 1100–1200 км.

1.2 Перейдём к ситуации в СССР

Экономический кризис, упоминавшийся выше, вызвал неподдельную тревогу в партийно-правительственном руководстве Советского Союза. Ленина читали все, а Ленин прямо писал в своё время, что кризисы капитализма есть прелюдии к войнам. С тем, кто будет объектом

нападения и главным агрессором, разобрались быстро. Однако была немалая вероятность, учитывая опыт Гражданской войны и интервенции, что сложится коалиция нападающих. Значит, следовало искать межкапиталистические противоречия и слабости системы — опять же по Ленину. Ну, а внутри страны начался поворот на подготовку к войне. Революционная романтика, ростки демократии оказались ненужными. Пришла пора закручивания гаек.

Слабости капитализма искали и нашли. В США вместо президента Гувера пришёл Франклин Рузвельт со своим «новым курсом». Этот самый новый курс кроме известных мер по оживлению спроса, то есть девальвации национальной валюты и таможенных ограничений для импорта предполагал и ещё ряд откровенно «левых» шагов. Для голодных (а в богатейших США вдруг появились миллионы голодных, поскольку к кризису перепроизводства добавилась засуха в южных штатах) — работа по строительству дорог фактически за еду. В области финансов президент потребовал от парламента полномочий по контролю за банками и, при необходимости — права вмешательства в их деятельность.

Во внешней политике Рузвельт постарался наладить отношения со «странами-изгоями» 20–30-х гг. СССР и Германией. Здесь надо заметить: американское ограничение импорта товаров больно ударило по Европе, усугубило там проявления кризиса и в конечном счёте, помогло приходу к власти НСДАП.

СССР же вообще оказался очень удобным партнёром — он покупал американские технологии и товары, покупал много и сполна платил колымским золотом. Партийно-правительственная верхушка Советского Союза старательно использовала открывшуюся дверцу в стене непризнаний и бойкотов. С американской помощью, с американскими станками, инструментами, документацией, комплектующими в стране начали строиться автомобильные и тракторные заводы (особенно должен был благодарить СССР и лично И. Сталина Генри Форд, которому реально грозило разорение из-за того, что он заиклился на своих «жестянках Лиззи» и не работал на перспективу). В Америке же был «почти легально» закуплен танк конструктора Кристи, тем же порядком, что и автомобили, и трактора, то есть задорого и со всеми потрохами. Он стал прототипом советской серии танков БТ.

В 1933 г. на тех же условиях было заключено соглашение с фирмой «Райт» на закупку

самого мощного на тот момент мотора серии «Циклон»-R-1820. Для выпуска лицензионных двигателей тут же началось строительство завода в Перми. Главным конструктором и главным инженером нового производства был назначен 42-летний Аркадий Дмитриевич Швецов. Уже в следующем 1934 г. ещё не построенный завод выдал первый мотор М-25 (советское обозначение). В 1935 г. производство уже показывали делегации съезда Коминтерна, и гости удивлялись, как такой большой завод можно построить за такое короткое время. М-25 стал по-своему этапным. Он имел несколько привлекательных моментов. Во-первых, следует отметить подогрев карбюратора, что позволяло легко запускать этот мотор на морозе. И вообще — это был самый «долгоиграющий» авиационный двигатель в СССР (ресурс до 350 часов при взлётной мощности 785 л. с.). Для сравнения: «родные» американские «Циклоны» имели ресурс 420–470 часов; глядя на эти цифры, читатель, думаю, поразмыслит на тему культуры производства и культуры в целом. Впервые в СССР внедрялись операции азотирования внутренней поверхности гильз цилиндров, резьбошлифовальные и прочие. М-25 стоял на многих советских самолётах.

Ещё через год в Перми начались работы по форсированию мотора. Частоту вращения вала увеличили до 2350 об/мин, поставили понижающий редуктор. Ресурс нового двигателя заметно понизился, но всё равно был выше «граничного» значения в 100 часов. Мощность возросла до 1000 л. с. Двигатели М-62, его вариант М-63 (потом АШ-62 и АШ-63) выпускались в Перми не менее трёх десятилетий, ставились на многие довоенные самолёты, «отпахали» всю войну и ещё долго работали после войны в частности, на знаменитом «кукурузнике» Ан-2.

Примерно так же в США был закуплен винт изменяемого шага у фирмы «Гамильтон». Он стал прототипом советского ВИШ-21.

Добавим: в те же самые времена, т. е. с начала 30-х гг., «добровольно-принудительно» была прекращена деятельность концессии Юнкерса в СССР, закрывались учебные военные центры Германии, выкорчёвывалась и подчищалась сама память об их существовании.

2. Начало истории Ли-2

Эту часть нашего очерка нужно начать с того, что кроме необходимости подготовки к войне, крайне заинтересованным в закупках иностранной авиатехники был советский «Аэрофлот». В 1933–35 гг. пассажиропоток увеличился в 4 раза,

советские заводы не успевали закрывать потребности в гражданских самолётах, да и сами эти самолёты были «вчерашним днём» по сравнению с Дугласом DC-2/DC-3.

В 1935 г. делегация ведущих специалистов СССР под руководством А.Н. Туполева появилась и на фирме Дугласа. В состав делегации входили и будущие герои нашего рассказа: Владимир Михайлович Мясичев, Борис Павлович Лисунов, Анатолий Александрович Сеньков. Члены делегации облазили всё производство, летали на «Дугласах» для составления впечатления, изучали документацию. По мнению руководителя комиссии, «Дугласы» следовало закупить, во-первых, из соображений подготовки к войне, во-вторых, для нужд «Аэрофлота», а в-третьих потому, что приобретение лицензии на производство этих самолётов приобщит советскую авиационную промышленность к новым технологиям. В те годы, да и после, в советских авиационных кругах как мантру, повторяли слова «плазово-шаблонный метод», «плазово-шаблонный метод». По сути, этот метод сводился к тому, что самолёт и его отдельные агрегаты с криволинейными поверхностями вычерчивались на ровных досках-плазах в масштабе 1:1. Затем по этим рисункам делались шаблоны, а по шаблонам технологическая оснастка. В КБ Туполева пытались внедрить эту технологию при разработке самолёта АНТ-41, но неудачно. Туполев, как первый действительный кандидат на звание Генерального конструктора, думал не только за себя, но и за всю авиапромышленность. Без применения металла вместо дерева не получишь большой грузоподъёмности и больших скоростей. Внедрение клёпки и штамповки, безусловно, ускоряет постройку металлических самолётов, а плазово-шаблонный

метод позволяет унифицировать рабочие органы штамповой оснастки. Если мы не можем сами быстро во всём разобраться, надо купить эту технологию, пока есть возможность.

За комиссией конструкторов и технологов (видимо, для проверки) последовала комиссия из ЦАГИ под руководством самого директора Н.М. Харламова. По результатам работы комиссий в 1936 г. был заключён контракт. Фирма продаёт СССР 2 самолёта DC-2 (в литературе сведения разнятся: в одном источнике 2, в другом 1) и 18 самолётов DC-3. За каждый будет заплачено по 115 тыс. долларов. Кроме того, за дополнительные 500 тыс. долл. «Дуглас» обязуется передать Советскому Союзу всю техническую документацию для производства, участвует в переписывании этой документации на русский язык, помогает её переводу в метрическую систему мер и весов, передаёт необходимые приборы, материалы, комплектующие для строительства в СССР одного самолёта. Специалисты фирмы должны участвовать в сборке «советского Дугласа» и при этом обучать местный персонал.

Фирмачи деловито принялись за работу. С советской стороны были организованы фиктивные компании для быстрейшего проворачивания сделки. По одному закупленные разобранные «Дугласы» на кораблях начали пересекать Атлантику.

Для производства самолётов в СССР был выделен завод № 84 в г. Химки под Москвой. Правда, завод этот был авиаремонтным, даже по советским меркам слабо оснащённым, персоналу явно не хватало квалификации. Но, как говорится, «нет таких крепостей». В Химках с началом 1937 г. развернулась подготовка к производству. В.М. Мясичев был назначен главным конструктором создававшегося авиационного завода, а Б.П. Лисунов — главным инженером.

Однако опять же, как говорится, нет действия без противодействия. В том же 1937 г., пока закупленные «Дугласы» плыли себе по морям, а в Химках развёртывалось производство, «наверх» пошла докладная записка о том, что DC-3 — негодная машина, не соответствует нормам лётной годности СССР в части прочности (что на самом деле правда, но это не проблема Дугласа) и советским условиям эксплуатации, и что всё это счастье было закуплено из вредительских соображений. Замечу, что в Америке в рамках пиар-кампании фирмачи заводили на крыло DC асфальтовый каток, после чего самолёт

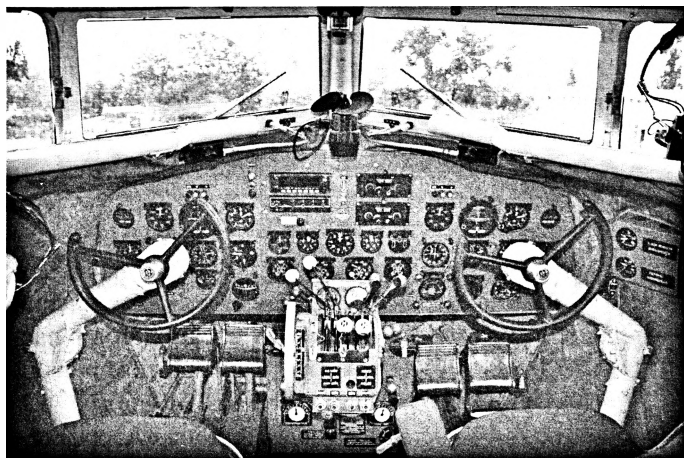


Рис. 1. Внутренний вид кабины пилотов Ли-2



Рис. 2. Внутренний вид пассажирского салона на 24 места на Ли-2

летал, как ни в чём не бывало. Все советские специалисты, работавшие по этой теме, понимали, что в наших условиях получить более прочную и надёжную конструкцию навряд ли бы удалось.

Мясищев арестовали не сразу, некоторое время он жил под подозрением. В литературе говорится, что главный конструктор разрабатывал военный вариант лицензионного самолёта, но конструктор вооружений Шпитальный не захотел с ним сотрудничать, боясь, как бы и его не «привлекли» за компанию. То есть человек знает, что его когда-то посадят, это знают и окружающие, но, тем не менее, человек ходит на работу, руководит коллективом, ему вроде бы подчиняются...

Арест произошёл то ли в конце 1937 г., то ли в начале 1938 (датировка в разных источниках разнится). В том же 1938 г., но позднее, был арестован Туполев. Тогда же пошла «чистка» в ЦАГИ. Для Мясищева, Туполева и многих других началась эпопея тюрем и «шарашек».

А работа над лицензионным самолётом продолжалась. В феврале 1938 г. вся закупленная техника, материалы, комплектующие и т. д. были в



Рис. 3. Погрузка десантников в самолёты Ли-2

Москве. Прибывшие и собранные самолёты были переданы на испытания в ЛИИ. Новым главным конструктором на завод № 84 назначили А.А. Сенькова. Американские специалисты в Химках приступили к изготовлению первого советского «Дугласа» из полуперечного набора комплектующих и обучению советских работников.

Испытанные в ЛИИ «Дугласы» были признаны вполне годными, переданы в «Аэрофлот» и использовались в первую очередь на международных линиях типа Москва – Прага, Москва – Стокгольм. Пилоты «Аэрофлота» по достоинству оценили машину: буфет, туалет с умывальником, устойчивость на курсе, надёжность. Вполне довольны были и пассажиры. Впрочем, так было и во всех странах, где появлялись «Дугласы».

Осенью 1939 г., как только начался конфликт с Финляндией, «Дугласы» из «Аэрофлота» были привлечены к перевозкам раненых. После завершения зимней войны они вновь стали пассажирскими.

К октябрьским праздникам 1938 г. в Химках был готов первый построенный в СССР «Дуглас». Американские фирмачи уехали домой. Правда, после громких рапортов на самолёте ещё полтора месяца пришлось устранять недостатки, выявленные приёмной комиссией. В конце зимы 1938/39 гг. первая машина была отправлена в ЛИИ. На заводе же, не дожидаясь результатов испытаний, началась работа над первой серией из 6 машин. Советский вариант ДС-3 был чуть меньше своего предшественника, однако примерно на 250 кг тяжелее (конструкторы, не желая идти по дорожке Мясищева, все округления при переводе дюймовых и футовых размеров в метрическую систему делали в сторону увеличения). В конструкцию было внесено множество мелких упрощений (например, двери стали открываться внутрь). Самолёту был присвоен индекс ПС-84. Первая партия была готова в декабре, в том же месяце пришёл положительный результат Гос. испытаний из ЛИИ.

Следующий, 1940 г. интересен нам тем, что срочно началось строительство большого авиационного завода в Ташкенте. Химкинский же завод наращивал выпуск самолётов в пассажирском, десантном, транспортном и санитарном вариантах. К апрелю 1940 г. было выпущено 100 ПС-84. А к 22 июня «Аэрофлот» имел 72 самолёта, да ещё 54 были переданы в ВВС и авиации морского флота.

На Белорусском металлургическом заводе запущена новая производственная линия, 25 сентября, г. Жлобин



На Белорусском металлургическом заводе в Жлобине запущена новая производственная линия - мелкосортно-проволочного стана. Прокатный стан укомплектован самым современным оборудованием. Ввод в строй данной производственной линии позволит заводу сбалансировать производство стали с ее углубленной переработкой. То есть фактически речь идет о выпуске уже не просто заготовок, а о конечной продукции с высокой добавленной стоимостью. Производительность стана - 700 тыс. т проката в год с возможностью увеличения производства до 1 млн т. Пробную продукцию начали выпускать еще в марте текущего года. Предполагается, что на экспорт будет направляться около 75% производимой продукции, при этом ее реализация на внутреннем рынке позволит полностью заместить импорт катанки и более чем на 90% удовлетворить потребность отечественных предприятий в сортовом прокате в прутках.



Текст - агентство БелТА
Фото - пресс-служба БМЗ, belsteel.com



МИНСК 2015



79-ая Генеральная Ассамблея МЭК

с 5 по 16 октября 2015, Минск, Беларусь

