

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ межотраслевой научно-популярный и производственно-практический ЖУРНАЛ

**ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК**

**С Новым  
2005  
годом!**

**№ 4 (25)  
октябрь-декабрь  
2004**

# От "ТУНГУСКИ" к "ПАНЦИРЮ"



Пушечно-ракетная система "Тунгуска"



Зенитный комплекс ближнего действия "Панцирь-С1"

## НЕЗАБЫВАЕМОЕ (К 60-летию Победы)

*С.А. Астанчик, академик*

Быстро уходят годы и люди — участники все-народной войны не только на фронтах, но и в партизанских отрядах, в городах, поселках, лесах. Все меньше остается свидетелей той страшной войны, направленной на тотальное уничтожение нашего народа. Многие руководители партизанского движения оставили свои мемуары, среди них были и талантливые литераторы, аналитического склада ума, такие как С. Ваупшасов, К. Мазуров, Б. Лобанок, Р. Мачульский, В. Козлов, Е. Мазаник и особенно легендарный Батя (Григорий Матвеевич Линьков), член Союза писателей СССР, автор изумительно правдивой книги «Война в тылу врага».

Есть великолепные фильмы «Проверка на дорогах», «Иди и смотри» Э. Климова и Ю.Германа, есть потрясающая книга А. Адамовича «Каратели».

К сожалению наши историки в долгу перед народом, их сухая «статотчетность» не раскрывает эмоциональной стороны движущей силы, героизма народа, национального горя, бед, душевных и физических мучений каждого отдельного человека, отряда, подпольной группы, семей и отдельных личностей. Историки упустили живых легендарных героев Беларуси таких как Минай Шмырев, П. Захаров и Корж, Мария Осипова и Елена Мазаник. Судьбы их еще ждут таких исповедников и мастеров слова, как Н. Гоголь со своим «Тарасом Бульбой» или украинских генералов-партизан И. Ковпака и Федорова, Вершигору и десятков других, хотя размах партизанских действий в Беларуси был более насыщенным из-за географического положения и тогдашней стратегии, своими трагическими судьбами, муками и страданиями мирного населения, стариков, подростков и особенно детей, о судьбах которых написал Якуб Колас в своей летописи «Ніколі не забудзем». Так получилось, что я будучи 6-летним ребенком всю войну провел в районе горелецких болот у родителей отца (дер. Синча, Клешишин, Омельно, Дубровка) на перекрестках железнодорожных и проселочных, лесных дорог, на стратегически важных направлениях Минск-Бобруйск-Шацк-Узда-Валерьяны, где партизаны и патриоты терроризировали немецкие коммуникации, а немецкие карательные экспедиции пе-

риодически уничтожали лагеря и населенные пункты и, естественно, население, не щадя ни стариков, ни детей. Я, может быть, один из последних свидетелей моего поколения, который был в этой «шкуре», чудом уцелел и собственными глазами видел и предателей, и партизан, и профессиональных разведчиков с большой земли, и на генетическом уровне, в подсознании запечатлел весь ужас, страх и гнетущую обстановку того страшного времени.

Борьба была с обеих сторон не на жизнь, а на смерть, где никто никого не щадил, ни чужих, ни своих в той страшной, порой непредсказуемой обстановке. И будучи ребенком, не понимая большой политики, я подспудно впитал в себя тот страх, от которого не избавлюсь до последних дней моих. И когда молодое нынешнее поколение, не видя и не помня (а откуда оно может помнить), иногда по недомыслию заявляет, что хорошо бы немцы нас одолели, и мы бы жили как Европа. Наивные глупцы, не видели сами, но «Обыкновенный фашизм» Рома не могли не видеть. Хатынь не могли не видеть, Озаричи и Тростенец должны были видеть, полотна Михаила Савицкого обязаны были видеть, музей Великой Отечественной в Минске надо видеть и думать, думать. Может я ошибаюсь, но чувствую, что кто-то из «лжемаджахедов» заинтересован в том, чтобы молодежь многое не узнала, а далее через 10-30 лет вообще никто и ничего не узнает, ибо тех кто это видел уже не будет.

Это большая преступная ошибка. Еще Пушкин писал, что нация не хранящая и не помнящая своего прошлого — дикая, полуумная нация. Ничто так не воспитывает и не сплачивает народ, как героическое и даже трагическое прошлое. Его надо знать и воспринимать как должное — это было, это наше.

Мне посчастливилось детскими глазами видеть живых Михаила Мормулева, Евгения Филипских, Станислава Ваупшасова во время войны (после 1943 года) в действии, на людях. И став взрослым, читая и размышляя, я понял, что это национальные герои, разделившие военное лихолетье со своим народом в каждом населенном пункте, в каждой области, в каждом районе. Сейчас руководители районов, отмечая юбилеи (60-80-летия)

поселков, районов, делают благородное патриотическое дело, воссоздавая историю своих мест в событиях и лицах руководителей, патриотов и рядовых тружеников. Издают «Книги памяти», своего рода «говорящие надгробия» предков, погибших, замученных, покалеченных и живущих ныне, восполняя огрехи ортодоксальных летописцев-историков-пропагандистов.

Будучи на праздновании 80-летия Пуховичского района в 2003 году, глядя в счастливые лица ветеранов, их празднично одетые, хотя и физически немощные фигуры я разделил с ними их праздник. Получив персональный экземпляр

«Книги памяти», окунувшись в прошлое, прочитав фамилии убиенных и замученных, вернувшихся живыми, я проникся благодарной и счастливой гордостью за районных летописцев во главе с Александром Александровичем Проновичем, за руководителей, которые сотворили благородное дело, нужное больше молодому, а не только моему поколению. Низкий поклон им. За труд и правду, без комментариев.

Одним из десятков легендарных героев-разведчиков, действовавших во время войны на территории Беларуси, был и человек-легенда «Батя» — Григорий Матвеевич Линьков.



## ЛИНЬКОВ ГРИГОРИЙ МАТВЕЕВИЧ

*Линьков Григорий Матвеевич родился 4 февраля 1899 года в с. Васильевка Октябрьского района Оренбургской области. Из крестьян. Русский. Член КПСС с 1918 г. Окончил Военную электротехническую академию в 1938 году. В Красной Армии с 1918. Участник Гражданской войны. В Отечественную войну с сентября 1941 г. участник и организатор партизанского движения в Белоруссии. Один из руководителей спецгрупп Николая Федорова и Давида Кеймаха, организовавших и осуществивших казнь гауляйтера Кубэ. В 1941-1942 гг. партизанский отряд под командованием Г.М. Линькова совершил 600 километровый рейд по тылам врага в южных районах Белоруссии, организуя диверсии и подрывая коммуникации противника. С мая 1943 г. Г.М. Линьков командир диверсионно-разведывательной группы, действовавшей в районе Брест-Барановичи-Волковыск. Добытые разведчиками сведения о противнике помогли советскому командованию при планировании и проведении операции по разгрому фашистских войск в Белоруссии. Звание Героя Советского Союза Г.М. Линькову присвоено 20 января 1943 г. С 1946 г. в отставке. Автор замечательной правдивой летописи «Война в тылу врага» (1959 г.). Умер 17 декабря 1961 года.*

С.А. Астанчик

## ВОЙНА В ТЫЛУ ВРАГА

Автора книги «Война в тылу врага», Героя Советского Союза полковника Г.М. Линькова, в Отечественную войну мы звали Батей.

Я знаю его как одного из руководителей наших героических партизанских отрядов, нанесших огромный урон врагу.

С Батей мне приходилось встречаться в глубоком тылу противника и вместе бить фашистов

там и тогда, где и когда они этого не ждали,

В своей книге воспоминаний Батя рассказывает и о наших совместных с ним действиях против фашистов. Рассказывает просто, скромно, без самолюбования о том, как организовывали народных мстителей, как великую волну народной ненависти обрушивали на врага.

Г.М. Линьков рассказывает о тех реальн

трудностях, которые мы испытывали на первых порах на оккупированной врагом территории, и о тех больших боевых успехах, которые были достигнуты партизанами в труднейших условиях. На примере своей боевой работы показывает, как постепенно, от мелких вылазок до крупнейших диверсий, все более уверенно и эффективно, все с большим успехом выполнялась задача — создать на оккупированной территории невыносимые условия для врага, как рос и ширился всенародный подвиг в тылу противника.

*Дважды Герой Советского Союза  
генерал-майор С.А. Ковпак*

Многочисленный и многонациональный советский народ, поднявшись на священную защиту своей Родины показал всему миру беспримерные образцы героизма и доблести на фронте и в тылу.

Одним из наиболее ярких проявлений этого народного патриотизма в Великой Отечественной войне явилось массовое партизанское движение в тылу врага, движение народных мстителей.

Партизанское движение в Белоруссии, которому посвящено содержание этой книги, под руководством Центрального штаба партизанского движения и ЦК КП(б) Белоруссии достигло в годы Отечественной войны поистине гигантского размаха.

Партизаны Белоруссии вписали много славных страниц в историю этого народного движения. Они превратили территорию оккупированной врагом республики в арену жестоких и изнурительных для немцев боев. Смелые, самоотверженные люди проникали всюду; с автоматом, миной, гранатой они выходили на железные дороги и шоссе, появлялись у военных складов и немецких комендатур, их партизанская месть достигала гестаповцев и предателей даже в их офицерских клубах, и сам обер-палач белорусского народа, друг Гитлера — Кубе не смог избежать их карающей руки. Всюду гремели взрывы, взлетали на воздух железнодорожные мосты и немецкие поезда, горели цистерны с горючим и склады с боеприпасами, горел тыл гитлеровских армий. В одной только «рельсовой войне» свыше пяти тысяч поездов с немецкими войсками и техникой были пущены под откос славными белорусскими партизанами, а

в боях с ними десятки тысяч фашистских карателей из отборных частей СС и гестапо нашли себе могилы в белорусских лесах.

Это массовое, подлинно народное движение свидетельствует о глубокой преданности советских людей своей социалистической Родине. В тяжкие годы немецкой оккупации, когда в жестоких боях Красной Армии с гитлеровскими полчищами под Москвой, под Сталинградом решалась судьба Родины, красные партизаны представляли в тылу врага советскую власть.

Отразить в литературе все величие героической партизанской эпопеи, даже в пределах одной только БССР, — задача не одного автора и не одной книги.

Я не ставил себе задачей дать полную картину партизанской борьбы на территории Белоруссии, показать все партизанские формирования, которыми руководили представители ЦК КП(б) Белоруссии. В моей книге воспоминаний «Война в тылу врага» народная партизанская война изображается лишь в связи с теми операциями, в которых я принимал участие, будучи командированным в тыл противника для выполнения специальных заданий наших армейских органов. Этой книгой мне хотелось сделать свой вклад в литературу о партизанском движении в Белоруссии в суровые годы Отечественной войны советского народа.

Критика в печати и многочисленные письма читателей, при всем положительном отношении к моей книге, отмечают два недостатка, имеющиеся в первом издании: во-первых, чрезмерную сжатость изложения и освещения фактов и событий, во-вторых, наличие элементов «литературщины», нарушающих общий стиль моего повествования о партизанской войне в тылу врага.

Учитывая эти замечания, я для настоящего издания вновь переработал материал книги, изменив ее композицию и дав более широкое освещение героям и событиям партизанской эпопеи.

*Г.М. Линьков*

*Книга стала библиографической редкостью.  
Хорошо бы ее переиздать.*

*Редколлегия*

## ОПЕРАЦИЯ «БАГРАТИОН»: ИСКУССТВО ПОБЕЖДАТЬ

*В ходе операции «Багратион» войска Красной Армии, развернув наступление на фронте свыше тысячи километров и в глубину до 600 километров, завершили освобождение Белоруссии, очистили от оккупантов большую часть Литвы, многие районы Латвии, часть территории Украины и Польши к востоку от Вислы. В этих боях полностью уничтожены 17 дивизий и 3 бригады противника, а 50 дивизий потеряли более половины своего состава. 409,4 тысячи немецких солдат и офицеров были убиты или ранены, свыше 200 тысяч попали в плен.*

Результаты Белорусской операции оказали заметное влияние на последующий ход боевых действий не только на советско-германском фронте, но и на других театрах второй мировой войны. переброска из Германии и других стран Европы 18 дивизий и четырех бригад на усиление группы армий «Центр» облегчила действия англо-американских войск на Западном фронте. И в то же время, по мнению начальника штаба 3-го Белорусского фронта генерал-полковника А.П. Покровского, увлечение Верховного Главнокомандования северо-западным направлением ослабляло наши ударные группировки, сковывало крупные силы в Прибалтике и Восточной Пруссии, что замедляло развитие решающих военных действий на берлинском направлении.

Белорусская операция внесла немало нового в развитие советского военного искусства. Это прежде всего использование сил трех фронтов для окружения крупной вражеской группировки в оперативной глубине обороны. В ее последующем уничтожении силами одного 2-го Белорусского фронта получил развитие опыт, приобретенный в Сталинградской битве. При завершении окружения минской группировки противника новым было взаимодействие двух фронтов через третий.

Сложные задачи были решены и в тыловом обеспечении войск. В конце 1943 года распоряжением Совнаркома СССР ряд фронтов сняли с централизованного снабжения хлебом, зернофуражом и сеном. Эти заготовки фронты должны были делать сами в своих границах. По воспоминаниям генерал-лейтенанта интендантской службы Н.А. Антипенко, Военный совет 1-го Белорусского фронта выделил для этой цели еще в декабре 1943 года 27 тысяч солдат и сержантов, 1400

офицеров, две тысячи автомобилей. Хлеб граблями извлекался из-под снега и доставлялся на пункты обмолота. Многие поля были заминированы, поэтому не обошлось без жертв.

Военные советы фронтов оказывали немалую помощь народному хозяйству Белоруссии в зоне своего расположения. Силами армий 1-го Белорусского фронта было оборудовано 15 детских домов по 100–150 коек в каждом для детей-сирот. Детдома обеспечивались кроватями, постельными принадлежностями, одеждой, обувью, и продовольствием. Инженерные части участвовали в восстановлении Добрушского бумажного комбината.

В период подготовки и проведения Белорусской операции отрицательное влияние на размах планирования тылового обеспечения оказывала неполная и несвоевременная осведомленность руководящих лиц фронтового и армейского тыла относительно замысла операции. Начальники тыла, как правило, не привлекались на оперативные совещания, где уточнялись задачи войскам. Результатом этого явилась, например, неудовлетворительная готовность железнодорожных войск к началу операции и нереальность запланированных темпов восстановления железных дорог. Так, в течение первых 20 суток наступления темп восстановления железных дорог в полосе 1-го Белорусского фронта не превышал 1–2 километров в сутки, а войска за это время продвинулись на 350–400 километров, что поставило их в весьма затруднительное положение в смысле снабжения. Отрицательно сказался и недоучет характера разрушений дорог. Степень их разрушений превзошла все ожидания. В связи с этим решающую роль в подвозе стал играть автомобильный транспорт, причем в условиях крайне ограниченной

сети автомобильных дорог и практически отсутствием рокадных дорог. Ежесуточный объем подвоза для четырех фронтов всех материальных средств составлял около 15 тысяч тонн.

На двенадцатый день Белорусской операции появилась новая трудность — нехватка бензина и боеприпасов. Причина этому — неравномерный их подвоз. Разница между запланированным и фактическим расходом боеприпасов составила 70 процентов. В условиях, когда огневые позиции артиллерии располагались вдали от дорог, боеприпасы завозили по бездорожью, нередко с помощью тягачей и личного состава артиллерийских частей. Когда же войска ушли вперед, то боеприпасы остались в местах, куда подойти машинам было очень трудно. Бесспорен и такой факт: при подготовке Белорусской операции в исходном положении на огневых позициях артиллерии выложили излишние запасы боеприпасов, в результате чего возникли серьезные проблемы в ходе операции.

Однако при всех перечисленных трудностях наша боевая техника смогла выполнить невиданную по напряженности работу и обеспечить выход войск на глубину 600 километров. В эти дни президент США Ф. Рузвельт в послании Верховному Главнокомандующему И.В. Сталину писал: «Стремительность наступления ваших армий изумительна, и я очень желал бы иметь возможность посетить вас, чтобы посмотреть, как вам удается поддерживать связь с наступающими войсками и обеспечивать их снабжение».

Высокие темпы наступления, разнообразный характер боевых действий предъявляли особенно высокие требования к руководству войсками. Штабы фронтов перемещались в ходе операции на новое место до шести раз, а штабы армий — 19–20 раз. Все полководцы и военачальники действовали очень грамотно и решительно, они организовали прекрасное взаимодействие всех родов войск, фронтов и армий, показав возросшее искусство управлять огромной массой войск. Маршалы и генералы Красной Армии в подавляющем большинстве были крестьянского

(Г.К. Жуков, А.В. Горбатов, П.И. Батов, П.А. Ротмистров, К.А. Вершинин и другие) и рабочего (И.Х. Баграмян, К.К. Рокоссовский, И.Д. Черняховский, К.Н. Галицкий, И.И. Людников и другие) происхождения в отличие от немецких генералов, многие из которых имели аристократическую приставку «фон» (из наших генералов дворянского происхождения имели Н.С. Осликовский и Н.Н. Олешев). Однако гитлеровским генералам не помогли ни родовитость, ни богатый военный опыт. Советские военачальники оказались на голову выше лучших немецких стратегов. Причем многие получили высокие звания и должности в молодом возрасте. Так, командующему фронтом генералу армии Черняховскому было 38 лет, а командующему 1-й Воздушной армией генерал-полковнику Хрюкину — и вовсе 34 года.

Большая заслуга в разработке и осуществлении плана операции «Багратион» принадлежала и нашему земляку генералу А.И. Антонову — заместителю начальника Генерального штаба, который держал все нити управления в своих руках. Блестящие результаты в операции «Багратион» были бы невозможны без высоких морально-политических качеств солдат и офицеров, их верности и любви к Родине. Только за июль–август 1944 года более 402 тысяч участников белорусской операции, которые представляли более 70 национальностей, были награждены орденами и медалями. 1612 человек удостоены звания Героя Советского Союза в боях за Белоруссию, в числе их более 100 белорусов, включая 50 белорусов-партизан и 14 уроженцев Минска и Минской области. 534 соединения и части Красной Армии получили почетные наименования белорусских городов.

Великая битва за Белоруссию оплачена дорогой ценой. В операции «Багратион» с 23 июня по 29 августа 1944 года безвозвратные потери советских войск составили 178507 человек. Общие потери четырех фронтов на территории Белоруссии выглядят так: 440879 человек или 29,8 процента от общей численности их личного состава к началу операции.

*Галина БАБУСЕНКО  
«ВМ», 19.08.2004 г.*

# МНИПИ — 50 ЛЕТ

3 июня 2004 года исполнилось 50 лет со дня основания Минского научно-исследовательского приборостроительного института ОАО «МНИПИ».

За 50 лет этот уникальный на постсоветском пространстве коллектив прошел значительный и достойный путь, решил много научных и производственных задач оборонного и народнохозяйственного значения: от аппаратуры радиационной разведки для беспилотных летательных аппаратов; приборов для постоянного дозиметрического контроля на Белоярской и Ново-Воронежской АЭС; унифицированных измерительных систем для комплексов С-200, С-300, С-300В, Бук, систем РЛС и стационарных пусковых устройств ракетно-космических систем до первых белорусских осциллографов. При ликвидации последствий на Чернобыльской АЭС, аппаратура, разработанная МНИПИ, работала безотказно. Все это сотворили люди.

«Труд нескольких поколений инженеров, ученых, рабочих и служащих создал и приумножил достойную славу предприятию и коллективу, которые выдержали и заслуженные успехи и значительные трудности на многолетнем пути своего развития». (Н. Кухаренко, В. Носенко).

## Краткая историческая справка

- **3 июня 1954 г.** — постановление ЦК КПСС и СМ СССР о создании специального технологического бюро (СТБ) при Минском радиозаводе им. Молотова. Директор СТБ Свирский Н.Я.;

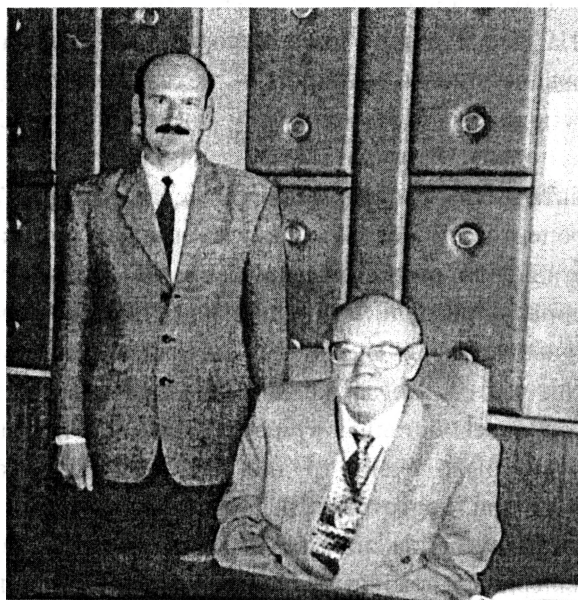
- **1957** — специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ) при Минском приборостроительном заводе им. В.И. Ленина. Директор Петкевич В.И., затем Токарев А.И.;

- **1966** — конструкторское приборостроительное бюро (КПБ) на самостоятельном балансе. Директор Максимов А.А., затем Носенко В.А.

- **1971** — Минский научно-исследовательский приборостроительный институт (МНИПИ). Директор Носенко В.А.

- **1996** — Государственное предприятие «МНИПИ» (ГП «МНИПИ»). Директор Кухаренко Н. А.

- **1997 г.** — Открытое акционерное общество «МНИПИ» (ОАО «МНИПИ»). Директор Кухаренко Н.А.



*Н. Кухаренко, В. Носенко*

Биографию коллектива слагают обычные люди — инженер и руководитель, конструктор и токарь, слесарь и бухгалтер, ветераны и молодежь. Разные по возрасту и образованию, характеру и способностям, профессиональному и жизненному опыту. В биографии, как в зеркале, отражены основные трудовые достижения коллектива, запечатлена потребность сохранить для потомков память о тех, кто стоял у истоков рождения и становления предприятия, самозабвенно трудился все годы деятельности коллектива.

В этом выпуске журнала мы хотим рассказать об одном из простых тружеников-умельцев, ветеране, бывшем начальнике отдела 35 МНИПИ, заслуженном радисте СССР, в 50-е годы слесаре экспериментального цеха — Шуклине Константине Сергеевиче, недавно отметившем свое 80-летие.

Шуклин К.С. родился в 1923 г., образование неполное среднее, сирота, детдомовец, участник ВОВ (в действующей армии с 1943 г. по 1954 г.), заслуженный изобретатель СССР, заслуженный радист СССР. Награды: Почетная грамота Верховного Совета БССР, 2 медали ВДНХ СССР, орден Трудового Красного Знамени, медали «За Победу над Германией», «30 лет Советской Армии», «30 лет Победы в Великой Отечественной войне», «За доблестный труд к 100-летию В.И. Ленина». Имеет: 19 печатных трудов в журналах



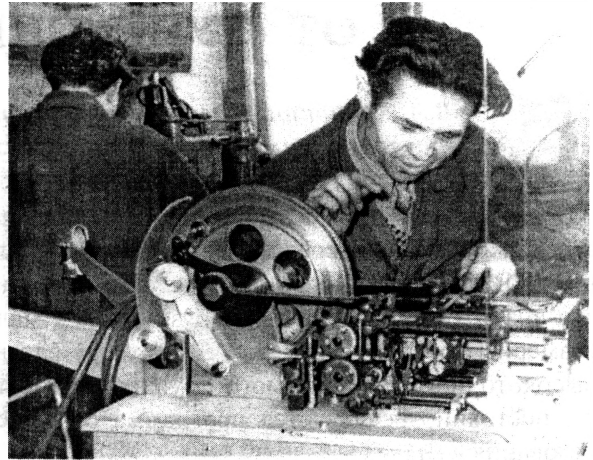
АН БССР, союзных и республиканских журналах; 19 авторских свидетельств на изобретения, из которых 6 внедрено с экономическим эффектом более 1,5 млн. руб. в ценах 1980 г. Изобрел автомат для резки провода нужной длины и зачистки его концов. Академик труда, патриот страны.



*К.С. Шуклин*

#### *Из воспоминаний К.С. Шуклина.*

«Одновременно с работой слесаря я занимался исследованием и разработкой решений по устранению непонятных дефектов, например, возбуждение корпуса у чудного по акустике приемника «Минск-55». Мне удалось разработать датчики на новом принципе, провести исследование, и все дефекты после конструктивного изменения корпуса были устранены. Затем были разработаны и изготовлены гравировальные станки для производства дозиметрических «карандашей» в больших количествах, автомат для резки нужной длины изолированных проводов и двусторонней зачистки концов одновременно. Все это было внедрено в серийном производстве. Вскоре был организован макетный участок для разработки, изготовления и испытания оригинальных узлов дозиметрической аппаратуры, и я был назначен начальником этого участка».



*К.С. Шуклин (фото 1955-1956 гг.)*

#### *Из воспоминаний сотрудников МНИПИ.*

«Известно, что технологический процесс изготовления микроэлектронных изделий включает в себя большое количество контрольно-измерительных операций, начиная от входного контроля материалов, измерения электрофизических параметров полуфабрикатов и закачивая испытаниями и измерениями электрических параметров готовых изделий.

Казалось бы неразрешимой проблемой, например, было измерить электрические параметры СБИС на пластине с большим количеством контактных площадок. Инициативно взялся решить эту проблему высококвалифицированный специалист института Шуклин К.С. Он лично спроектировал и изготовил образец зондовой головки, с помощью которой удалось обеспечить контакт к площадкам кристалла СБИС.

Конструкция зондовой головки, разработанная Константином Сергеевичем, затем успешно применялась многие годы».

И еще много теплых слов можно сказать в адрес Константина Сергеевича.

Поздравляем Вас, Константин Сергеевич, с юбилеем и наступающим праздником — 60-летием Победы над фашистской Германией. Желаем крепкого здоровья, бодрости духа и творческих успехов.

*Редколлегия*

## ОТ «ТУНГУСКИ» К «ПАНЦИРЮ»

*В.А. Коробкин, главный конструктор ОКБ МТЗ, к.т.н., академик АПК(РФ), лауреат Ленинской премии, заслуженный работник промышленности РБ*

В настоящее время в мире накоплен большой арсенал различных средств воздушного нападения (СВН) — как пилотируемых, способных нести значительную боевую нагрузку, так и мало-размерных беспилотных летательных аппаратов и высокоточного управляемого оружия. Кроме того, постоянно реализуется программа совершенствования СВН.

Опыт последних локальных конфликтов показал, что современные силы воздушного нападения способны самостоятельно решать стратегические задачи и парализовать нормальное функционирование и управление страной путем нанесения ударов по важнейшим объектам вооруженных сил, экономики и энергетики на всю глубину территории государства.

Основной их особенностью, которая учитывается при организации противовоздушной обороны, является массированное применение высокоточного оружия — управляемых ракет и авиабомб в условиях сильного радиоэлектронного противодействия.

Для обеспечения эффективности ПВО система зенитного вооружения состоит из нескольких типов комплексов, которые можно условно разделить на три группы.

Первую группу составляют самые простые и дешевые переносные зенитно-ракетные комплексы типа «Стингер», «Мистраль», «Игла».

Вторая группа — комплексы ближней ПВО, такие как «Роланд», «Кроталь», «Гепард», «Тунгуска», «Тор».

Третья группа — зенитные ракетные комплексы средней и большой дальности типа «Хок», «Бук», «Патриот», С-300.

Особую роль в системе ПВО играют комплексы ближнего действия с зоной поражения 15-20 км, которые значительно превосходят комплексы других групп по критерию «стоимость-эффективность».

Надежная защита большого количества объектов вооруженных сил и экономики возможна только при использовании в системе ПВО массового применения зенитных комплексов ближнего действия, к которым предъявляются жесткие требования по обеспечению высокой боевой эффективности при относительно низких затратах на

производство и значительном серийном выпуске.

В большинстве стран-производителей комплексов ближней ПВО сложилась практика совместного использования зенитных ракетных комплексов типа «Роланд», «Кроталь» и ствольных установок типа «Гепард», «Эрликон». Однако, такое построение нерационально с точки зрения затрат на ПВО. В этом случае предпочтительнее использование зенитного комплекса с комбинированным ракетно-пушечным вооружением.

Первой системой, в которой реализована концепция создания зенитного комплекса с пушечно-ракетным вооружением является ЗСУ «Тунгуска» (фото 1), отвечающая максимальному числу требований к такой системе. Разработка такого комплекса выполнена Тульским КБ приборостроения под руководством академика А.Г. Шипунова.



*Фото 1. Зенитный комплекс «Тунгуска-М»*

По мнению иностранных специалистов, комплекс «Тунгуска» остается единственной в мире мощной пушечно-ракетной системой, которая, кроме того, отвечает требованиям, предъявляемым к системам ПВО сухопутных войск, обеспечивающим работу по поиску, сопровождению и поражению целей на стоянке и в движении.

Выполнение столь высоких требований, предъявленных к комплексу «Тунгуска», в значительной степени было обеспечено за счет высоких технических характеристик базового шасси ГМ-352, разработанного ОКБ Минского тракторного завода. Шасси удачно приспособлено для монтажа систем комплекса, имеет хорошую маневренность, высокую среднюю скорость при движении по грунтовым дорогам и пересеченной местности. Кроме то-

го, в шасси размещен привод горизонтального наведения башни и система электропитания (СЭП) комплекса, включающая электрогенератор и автономный газотурбинный двигатель. Причем привод этих систем может осуществляться как от основного, так и вспомогательного двигателей, при этом переход работы от одного двигателя к другому осуществляется без разрыва потока мощности. Такое конструктивное решение позволило значительно повысить КПД и в минимальных объемах разместить мощные и высокоэффективные приводы горизонтального наведения и СЭП.

Для более эффективной боевой работы комплекса и систем поиска и сопровождения целей на ГМ-352 применена гидропневматическая подвеска (ГПП) с системой управления положением корпуса (СУПК). Применение ГПП с нелинейными характеристиками обеспечивает по сравнению с торсионными подвесками снижение мощности приводов на стабилизацию вооружения за счет резкого снижения вибронгруженности (в два и более раза), уменьшение величины продольно-угловых колебаний корпуса и повышение на 20% средних скоростей движения при одинаковой интенсивности дорожного воздействия. По грунтовым дорогам средняя скорость движения машин составляет 35-40 км/ч при максимальной скорости 65 км/ч.

ГПП и СУПК обеспечивают возможность регулирования дорожного просвета от 180 мм до 580 мм, автоматическое поддержание заданного предварительного натяжения гусениц, а также выключение при необходимости подрессоривания, например, при транспортировке авиацией.

Конструктивно ГПП выполнена в виде расположенных в продольной нише снаружи корпуса машины 12 индивидуальных съемных блоков (фото 2), включающих смонтированные в корпусе блока подвески балансиры с опорным катком и соединенную с балансиром гидропневматическую рессору. Такое исполнение подвески обеспечивает хороший отвод тепла от гидропневматической рессоры и тем самым повышение срока службы узлов ходовой части, увеличение полезного бронированного объема машины, удобство обслуживания в эксплуатации, хорошую ремонтопригодность подвески и корпуса машины.

Благодаря высокой потенциальной энергии ГПП, малому модулю жесткости в районе статического хода катка и большому ходу опорных катков обеспечивается:

максимальное использование возможностей размещенных на шасси систем вооружения;

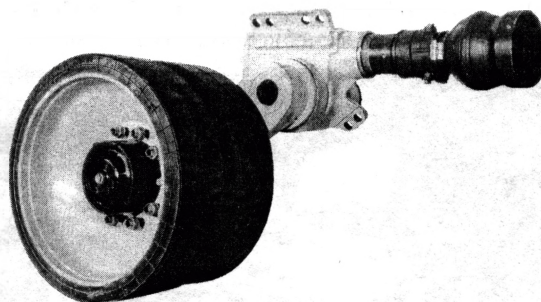


Фото 2. Блок подвески (три четверти)

комфортные условия для экипажа при движении по пересеченной местности;

снижение затрат мощности на привод наведения вооружения к линии выстрела;

повышение срока службы размещенного на шасси дорогостоящего электронного оборудования и машины в целом;

высокая быстроходность при движении по грунтовым дорогам практически без ограничений скорости;

высокая проходимость при движении машины по слабым грунтам и при глубокой колее за счет изменения дорожного просвета и дифферента;

выключение подрессоривания в необходимых случаях за счет опускания корпуса машины на упоры балансиров, чем обеспечивается вписываемость комплексов в габариты при транспортировке.

Системой нового поколения, построенной на тех же принципах, что и комплекс «Тунгуска», является зенитный комплекс ближнего действия «Панцирь-С1» (фото 3). В настоящее время завершается его разработка, испытания и готовится серийный выпуск. Комплекс «Панцирь-С1» ориентирован на усиление группировок ПВО, прежде всего на поражение широкого класса воздушных целей, объединенных под общим названием «высокоточное оружие».

Какими дополнительными возможностями обладает комплекс «Панцирь-С1»? Это, прежде всего:

- универсальность действия по целям, то есть поражение широкого спектра воздушных целей, от самолетов и вертолетов до малоразмерных управляемых ракет, а также наземных легкобронированных целей и живой силы противника;

- автономность боевого применения за счет наличия в одной боевой единице средств обнаружения, сопровождения и поражения;

- высокую надежность решения задачи в различных тактических и помеховых ситуациях за

счет многорежимности боевой работы и интеграции радиолокационных и оптико-электронных каналов, что позволяет выполнять боевую работу днем и ночью в оптическом режиме;



Фото 3. Зенитный комплекс «Панцирь-С1»

- расширение возможности применения радиолокационных режимов наведения, т.к. содержит двухдиапазонную РЛС. Этим обеспечивается высокая точность наведения ЗУР за счет узкого луча и уменьшения ошибок по низколетящим целям ввиду снижения зеркальной компоненты отраженного от земной поверхности сигнала в миллиметровом диапазоне волн, а также совместной обработки сигналов сантиметрового и миллиметрового диапазонов;

- высокая боевая производительность комплекса, так как имеется два независимых канала наведения и возможность обстрела цели двумя ЗУР одновременно, а также малое время боевого цикла.

Такому техническому уровню систем вооружения должно соответствовать и базовое шасси на котором смонтирован комплекс. Для ЗРПК «Панцирь-С1» на базе модернизированной ГМ-352М в ОКБ МТЗ разработана гусеничная машина ГМ-352М1Е, в которой экипаж комплекса в количестве 3 человек размещен в корпусе шасси, где для него обеспечиваются комфортные условия обитания и повышенная защита от пуль, осколков снарядов и мин. Отделение управления (фото 4) выполнено в едином художественном стиле с обеспечением эргономических требований и использованием современных отделочных материалов, фурнитуры и аксессуаров. Рабочие места экипажа оснащены установленными на подрессоренной раме индивидуальными анатомической формы креслами с подголовником и ремнями безопасности. Над каждым рабочим местом установлен регулируемый дефлектор системы кондиционирования и индивидуальный источник света

с выключателем и поворотным отражателем.

В машине применены более мощный тяговый двигатель, многотопливный дизель В84ДТ мощностью 840 л.с., и гидромеханическая трансмиссия нового поколения с гидрообъемным механизмом поворота и автоматической системой переключения передач, чем обеспечивается максимальная скорость движения до 70 км/час и повышенные средние скорости. Комбинированная система охлаждения тягового двигателя, конструктивно выполненная в виде встроенного в эжекторный блок охлаждения дополнительного вентилятора, совместно с системой управления двигателем позволяет осуществлять работу силовой установки при температуре окружающего воздуха до +600С.



Фото 4. Отделение управления

Для привода станции электропитания применен более мощный (180 л.с.) дизельный многотопливный двигатель, что позволяет полностью обеспечить системы комплекса электропитанием по переменному току мощностью 80 кВА и по постоянному току 15 кВт.

Для обеспечения возможности движения по дорогам с любым покрытием, ходовая часть машины выполнена с гусеницами, на которых установлены асфальтоходные башмаки. С целью повышения ресурса опорных катков внутренняя беговая поверхность гусеницы обрешинена.

Машина оснащена бортовой информационно-управляющей системой, обеспечивающей контроль функционирования составных частей гусеничной машины и комплекса, их оперативное техническое диагностирование, вывод информации на дисплей и управление системами комплекса. Наличие дисплеев, видеокамер переднего и заднего обзора, а также взаимозаменяемых приборов дневного и ночного видения позволяет

экипажу выполнять работу в любое время суток.

Таким образом, по своим боевым свойствам и принципам построения комплекс «Панцирь-С1» относится к новому поколению зенитных систем, основанных на использовании новейших систем управления, что обеспечивает ему высокую конкурентоспособность и лидирующие позиции в мире в данном виде вооружений и военной тех-

ники. Обладая возможностью решения широкого круга задач по поражению воздушных и наземных целей, комплекс относительно прост в эксплуатации, надежен и относительно недорог, что позволяет производить его в большом количестве и решать задачи непосредственного прикрытия большого числа объектов.

## О СОСТОЯНИИ И ПУТЯХ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*В.И. Недилько, первый заместитель Председателя Государственного комитета  
по науке и технологиям Республики Беларусь*

Инновации в современном мире являются основой роста эффективности экономики, обеспечивают конкурентоспособность товаров и услуг, позволяют достичь цели устойчивого развития, обеспечивают занятость и высокий уровень жизни населения. На долю новых знаний, воплощенных в технологиях, оборудовании, продукции, в развитых странах приходится до 85% прироста валового внутреннего продукта.

Мировой опыт показывает, что государства, осознавая роль инноваций в экономическом развитии и обеспечении конкурентоспособности национальных экономик, разрабатывают и эффективно применяют инновационную политику, направления которой отражают особенности современного инновационного процесса. Концептуальные основы перевода экономики нашей страны на инновационный путь развития были обсуждены на состоявшемся летом этого года в г. Витебске семинаре руководящих работников нашего государства. В своем выступлении на семинаре Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко основной задачей в инновационном развитии определил «...создание национального инновационного механизма как системы организационно-экономических и правовых мер и реализация конкретных инновационных проектов. Они должны обеспечивать процесс производства новых знаний, оперативное внедрение результатов исследований в реальном секторе экономики...».

В последнем десятилетии ушедшего века экономика нашей страны подверглась серьезным испытаниям

на прочность. Ценой больших усилий удалось не только стабилизировать ситуацию и удержать ее под контролем, но и обеспечить базу для дальнейшего роста. Подтверждением является экономическая динамика последних лет. Неуклонно повышаются темпы роста ВВП. (*Справочно: 2002 год - 5%, 2003 - 6,8%, прогноз 2004 года -10%*). В четыре раза за последние три года снижен уровень инфляции. Растет экспорт. В частности, с начала 2004 года на 43,8% вырос объем поставок только в Россию металлорежущих станков, на 65% — всех видов шин, на 25% — автомобилей и почти на 18% — черных металлов.

Важным ресурсом закрепления положительной тенденции и обеспечения в текущем году 10-процентного роста ВВП является модернизация и техническое перевооружение производства. Темпы его осуществления напрямую зависят от реализации интеллектуального потенциала нации, эффективной инновационной деятельности. Поставлена задача повысить удельный вес новой продукции как в экспорте, так и в общем объеме производства. Ее должно быть не менее 30%, как в развитых странах (*сейчас у нас в большинстве отраслей не более 3% - 5%*).

Беларусь не имеет больших запасов полезных ископаемых, структура ее экономики в основном сложилась в период дешевых сырьевых и топливно-энергетических ресурсов и огромного рынка сбыта всего Советского Союза. В таких условиях, чтобы двигаться вперед, необходимо в максимальной степени использовать и развивать интеллектуальный потенциал общества.

Для этого существуют неплохие предпосылки.

Прежде всего, кадровый потенциал. Потенциал управленцев, ученых, инженеров очень высок. Сохранены многие научные школы, достаточно высокий уровень имеет сегодняшняя система подготовки кадров, прежде всего система высшего образования.

Далее — в республике накоплен опыт программно-целевого решения сложных задач, сосредоточения на приоритетных направлениях финансовых, материальных и интеллектуальных ресурсов.

Эти предпосылки позволяют перейти на интенсивный, инновационный путь, только двигаясь по которому можно реализовать свои стратегические цели.

Средой, в которой осуществляется инновационная деятельность, должна стать национальная инновационная система, включающая в себя: инновационные центры и технопарки, венчурные и страховые фонды, особые предприятия и научно-производственные центры; специальный сегмент правового поля, регулирующий инновационные процессы; систему государственной поддержки и финансирования важнейших (приоритетных) научных направлений, а также систему подготовки и переподготовки кадров (рис. 1).

Именно создание национальной инновационной системы является одной из главнейших задач, решение которой необходимо для перевода экономики страны на инновационный путь развития.

В республике разработаны основы нормативной правовой базы, регулирующей отношения в сфере инновационной деятельности. Только в течение последних нескольких лет принято более 50 нормативных правовых актов, регламентирующих научно-техническую и инновационную деятельность.

Все это свидетельствует об интенсивной работе над созданием соответствующего правового поля. Однако пока еще рано говорить о том, что научные организации и инновационные предприятия чувствуют себя комфортно в действующей на сегодняшний день правовой среде республики.

В республике сохраняется низкий уровень наукоёмкости — 0,73% ВВП (рис. 2), в то время как в развитых странах этот показатель составляет 2-3%. Снижается доля малых инновационных предприятий в отрасли «Наука и научное обслуживание»: с 2,8% в 1997 году до 1,0% в 2003 г.

Таким образом, хотя рамочные условия функционирования инновационной системы в законода-

**Основные элементы инновационной системы**



*Рис. 1*

тельстве очерчены достаточно четко, конкретные направления правового поля инновационной деятельности: налоговое регулирование, условия рыночного оборота прав интеллектуальной собственности, порядок учета и оценки нематериальных активов требуют дальнейшего совершенствования.



1. Средства республиканского бюджета на науку в % к ВВП
2. Наукоемкость валового внутреннего продукта, %
3. Прогноз социально-экономического развития РБ 2001-2005

Рис. 2

В первую очередь требует совершенствования налоговое законодательство. Действующая в Беларуси система налогообложения построена таким образом, что, несмотря на имеющиеся льготы для научной и инновационной деятельности, налоговая нагрузка в отрасли «Наука и научное обслуживание» выше, чем в промышленности и народном хозяйстве в целом.

Такая система не стимулирует повышение эффективности экономики, поиск внебюджетных средств на исследования и разработки, не препятствует оттоку квалифицированных кадров.

Использование программно-целевых методов управления научно-технической сферой страны потребовало новых подходов и к организации ее бюджетного финансирования. Финансироваться будет не научное любопытство, а настоящее и будущее страны. При ограниченных финансовых возможностях республиканского бюджета государство должно финансировать только те разработки, которые востребованы реальным сектором экономики.

Новый механизм финансирования инновационной деятельности предполагает существенный рост внебюджетных средств, направляемых на исследования, разработки и внедрение (рис. 3).

Для более эффективного использования этого источника финансирования инновационной деятельности ГКНТ предполагается создать Республиканский фонд технологического развития за счет централизации части средств отраслевых

инновационных фондов.

### Динамика образования ИФ

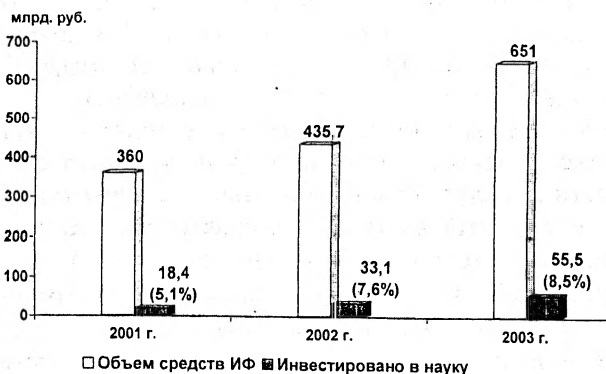


Рис. 3

Одной из первоочередных задач является также привлечение в инновационную сферу иностранных инвестиций. Использовать их необходимо для финансирования валютоокупаемых проектов, связанных с освоением новейших технологий, приобретением самого современного оборудования.

Одной из важнейших форм государственного регулирования инновационной деятельности является участие государства в формировании инновационной инфраструктуры.

Создаваемые технопарки, центры трансфера технологий, биржи инноваций и другие новые организационные формы необходимы для обеспечения эффективного функционирования рынка технологий. Принцип их работы сочетает в себе элементы рыночного и государственного регулирования и позволяет создавать технологически ориентированные структуры рыночного типа под патронажем государства. Их создание осуществляется на базе существующей структуры научно-технической сферы республики, основываясь на принципах преемственности.

Одной из главных задач инновационной политики Республики Беларусь является обеспечение ускоренного освоения в производстве передовых отечественных и зарубежных научных разработок в целях насыщения рынка современной конкурентоспособной продукцией и рост экспорта.

Наиболее существенный вклад в экспорт инновационной продукции вносят те отрасли, которые являются лидерами по внедрению новой техники и технологий. На долю машиностроения и металлообработки приходится около 55% от общего количества созданных в промышленности передовых технологий и 36% от всей экспортируемой инновационной продукции. Для химической и нефтехимической отрасли эти показатели составляют соответственно 5,6% и 32%, для отрасли

черной металлургии — 6,8% и 18%. В этих же отраслях патентуется наибольшее количество результатов НИОКР (в области химии 18%, машиностроения и металлообработки 17%, медицины 13%, сельского хозяйства и пищевой промышленности 12%, электронной и радиотехники 10%). Это еще раз подтверждает тезис о тесной связи инновационной деятельности с конкурентоспособностью предприятий.

Свое участие в создании и практическом освоении новых технологий наращивает наука. Однако проблемой пока остается низкая восприимчивость экономики к нововведениям.

Основой современных наукоемких производств становятся результаты фундаментальных и прикладных научных исследований. Они же обеспечивают развитие социальной и культурной сфер. Результаты выполнения государственных программ фундаментальных и фундаментально ориентированных исследований находят все более широкое практическое применение в хозяйственной сфере страны (рис. 4).

вание университетских инновационных структур.

В будущем это позволит под патронажем университетов создать технологически ориентированные инновационные предпринимательские структуры рыночного типа, будет способствовать интеграции образования, науки, производства и потребителей в интересах социально-экономического развития регионов и страны в целом.

Задачи в области инновационной деятельности формулируют и решают профессионалы. Поэтому, первоочередной задачей обеспечения инновационного развития республики является подготовка кадров.

В последнее время всё большее количество ВУЗов понимают важность кадровой составляющей в решении инновационных проблем. Они предусматривают в учебных планах подготовку специалистов в области маркетинга и инновационного менеджмента. Разработана и реализуется программа подготовки кадров в области инновационной деятельности в Академии управления при Президенте Республики Беларусь, ведущих уни-

**Эффект внедрения результатов государственных программ фундаментальных научных исследований**

Программа	Результат внедрения	Эффект
“Квант” и “Когерентность”	Лазерные технологии и оборудование для машиностроения, медицины, других отраслей народного хозяйства	Затраты бюджета – 2,0 млн. долл., объем выпущенной продукции – 11,3 млн. долл. 70 % продукции реализовано за рубеж.
“Лазер”	Освоены в производстве уникальные медицинские терапевтические аппараты, 5 методик лечения заболеваний, подано 8 заявок на патенты	В учреждения здравоохранения поставлено более 200 аппаратов с применением которых ежегодно курс лазерной терапии проходят не менее 50 тыс. человек.
“Энергетика” и “Энергия”	Созданы энергоэффективные технологии и оборудование, современные автоматизированные паровые и водогрейные котлы с КПД до 60–90%.	Выпущено около 200 единиц оборудования. Внедренная на БМЗ технология увеличила выход годного металла и снизила удельный расход электроэнергии до уровня мировых показателей.
“Литье”	Созданы новые технологии, оборудование и материалы, создано 19 цехов и участков, производят подшипники скольжения, гильзы цилиндров, уплотнительные и поршневые кольца и др.	На 100 % удовлетворены потребности некоторых крупных предприятий республики в этой продукции. Осуществляются крупные экспортные поставки.

Рис. 4

Важную роль в развитии национальной инновационной системы играют белорусские университеты (рис. 5). В последние годы идет активное формиро-

вание университетов нашей страны.

Совершенствование вузовского образования - важная, но не единственная проблема, которую



предстоит решить, для того чтобы наука и инновационная деятельность стали привлекательны для молодежи. В Республике Беларусь проводится последовательная работа по повышению уровня экономической и социальной защищенности ученых, формированию в обществе нового отно-

стей каждой из областей страны, привлекать к решению важнейших задач социально-экономического развития интеллектуальный потенциал как своего региона, так и всей страны.

Стратегической целью в Беларуси на ближайшие годы является завершение формирования

#### Инновационная деятельность в ВУЗах страны

- В 2003 г создан «Научно-технологический парк БНТУ «Метолит».
- Освоен серийный выпуск новых конструкционных, электротехнических и инструментальных материалов и изделий на их основе для машиностроения, теплотехники, металлургии, строительства и др.
- Создано промышленное оборудование для влажно-тепловой обработки тканей в легкой промышленности. Изготовлено и поставлено предприятиям более 200 единиц оборудования на сумму около 200 тыс. долл. Продукция не уступает мировым аналогам.
- Налажен выпуск материалов эластичных керамико-полимерных теплопроводящих электроизоляторов, эластичных теплопроводящих подложек для электротехнической и электронной отрасли. Ежегодно изготавливаются свыше 900 тыс. штук для более чем 100 предприятий Беларуси и России. Основные потребители: телевизионные предприятия Горизонт, Витязь, Рубин (Россия). Рис. 5

шения к науке, как одному из самых престижных видов деятельности.

Решение задач повышения конкурентоспособности при дорожающих сырьевых и энергетических ресурсах невозможно без развития научно-инновационного предпринимательства, и правительством страны принят в последние годы целый ряд решений, направленных на стимулирование этих процессов. В частности, намечено создать сеть технопарков, инновационных центров и иных структур поддержки инновационного предпринимательства в каждой из областей республики.

При реализации инновационной политики вопросам научно-технологического развития регионов страны уделяется самое пристальное внимание.

Основным инструментом прямой государственной поддержки инновационных процессов в областях республики являются региональные научно-технические программы, которые сформированы и выполняются во всех областях республики и финансируются с привлечением средств из республиканского бюджета. Такие программы позволили органам местного управления непосредственно участвовать в формировании и реализации региональной инновационной политики, выбирать приоритеты научно-технической и инновационной деятельности с учетом особенно-

национальной инновационной системы, которая должна функционировать как целостный комплекс правовых, организационных, экономических, морально-психологических рычагов. Решение этой задачи требует объединения усилий всех участников инновационного процесса на ряде ключевых направлений.

**Первое.** Необходима доработка правового обеспечения инновационной деятельности, прежде всего, налогового законодательства, вопросов охраны прав интеллектуальной собственности, включения их в хозяйственный оборот. Особого внимания требует и практика правоприменения уже действующих законодательных актов.

**Второе. Важно существенно увеличить расходы на инновации.** Для обеспечения постоянного обновления продукции и технологий в ближайшие годы планируется в 2-3 раза увеличить расходы на исследования, разработки и освоение их результатов. Увеличение расходов на этих направлениях должно осуществляться за счет всех источников. В первую очередь — из внебюджетных.

Бюджетные средства на проведение наиболее актуальных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ будут выделяться с уче-

том конкурсной оценки бизнес-плана инновационных проектов, на основе подтверждения конкретным предприятием-заказчиком достаточных объемов вкладываемых собственных средств в увязке с обоснованными потребностями рынка.

**Третье. Большое внимание будет уделяться развитию инновационной инфраструктуры.** Это будет делаться как за счет бюджетных средств в рамках крупных государственных программ, так и путем направления средств инновационных фондов на мероприятия по научно-технологическому обеспечению действующих производств и отраслей народного хозяйства.

**Четвертое. Наряду с формированием новых институциональных объектов инновационной сферы, будут приниматься все возможные усилия для резкого повышения инновационной активности действующих предприятий.**

Это направление включает в себя создание на предприятиях полноценных исследовательских подразделений, опытных производств и научно-производственных комплексов с установлением особого налогового режима и специальных условий их финансирования. Одновременно будут создаваться или передаваться научным учреждениям опытные производства и даже заводы для ускоренного освоения выпуска совершенно новой продукции.

**Пятое. Требуется решения вопросы повышения взаимной заинтересованности ученых и производственников в экономических результатах внедрения научных разработок в практику хозяйствования.** Сегодня ученый не имеет средств на патентование и поддержку патента. Он не в состоянии продать свои права на изобретение за их реальную рыночную цену. Даже получив доход, соответствующий эффективности своей разработки, около трети этой суммы он отдает на налоги.

С другой стороны, предприятие - заказчик - разработки зачастую не имеет никакой экономической заинтересованности в ее практическом освоении.

**Шестое. Дальнейшего совершенствования требует система государственной организации и планирования инновационного цикла на основе программно-целевого подхода.**

Для определения и установления первоочередности направления государственной поддержки Правительство уже приступило к выработке го-

сударственных приоритетов, система определения которой базируется на мировых тенденциях глобализации и учитывает приоритеты научно-технического прогресса (рис. 6).

Фундаментом данной системы выступают приоритеты социально-экономического развития, определяют основные цели общественного развития и включают в себя на ближайшую перспективу формирование эффективной системы здравоохранения, активизацию инновационной и инвестиционной деятельности, наращивание экспорта товаров и услуг, дальнейшее развитие жилищного строительства, развитие агропромышленного комплекса и сопряженных отраслей.

На базе приоритетов социально-экономического развития, исходя из прогноза мирового научно-технического развития и из оценки научного потенциала республики Государственный комитет по науке и технологиям с участием Национальной академии наук и научной общественности определяют ключевые макротехнологии и необходимые для их развития приоритетные направления научно-технической деятельности, (рис. 7).

Основываясь на сформулированных таким образом реальных потребностях экономики и исходя из мировых тенденций развития науки формируются и утверждаются Правительством перечни государственных программ (включая научно-технические, программы развития отраслей, программы фундаментальных, фундаментально-ориентированных и прикладных исследований). Они обеспечивают получение новых знаний, необходимых для реализации намеченных приоритетов социально-экономического развития (рис. 8).

Выбор приоритетов позволяет сконцентрировать ресурсы на ограниченном числе направлений научных исследований, на которых республика имеет определенные заделы и может занять достойное место в системе международного разделения труда. Целевое финансирование по приоритетным направлениям, контроль за качеством исполнения программ и проектов, а также за использованием государственных средств позволяют в конечном итоге создать те новые производства и отрасли, которые обеспечат устойчивое положение нашей страны на мировых рынках

СИСТЕМА ПРИОРИТЕТОВ

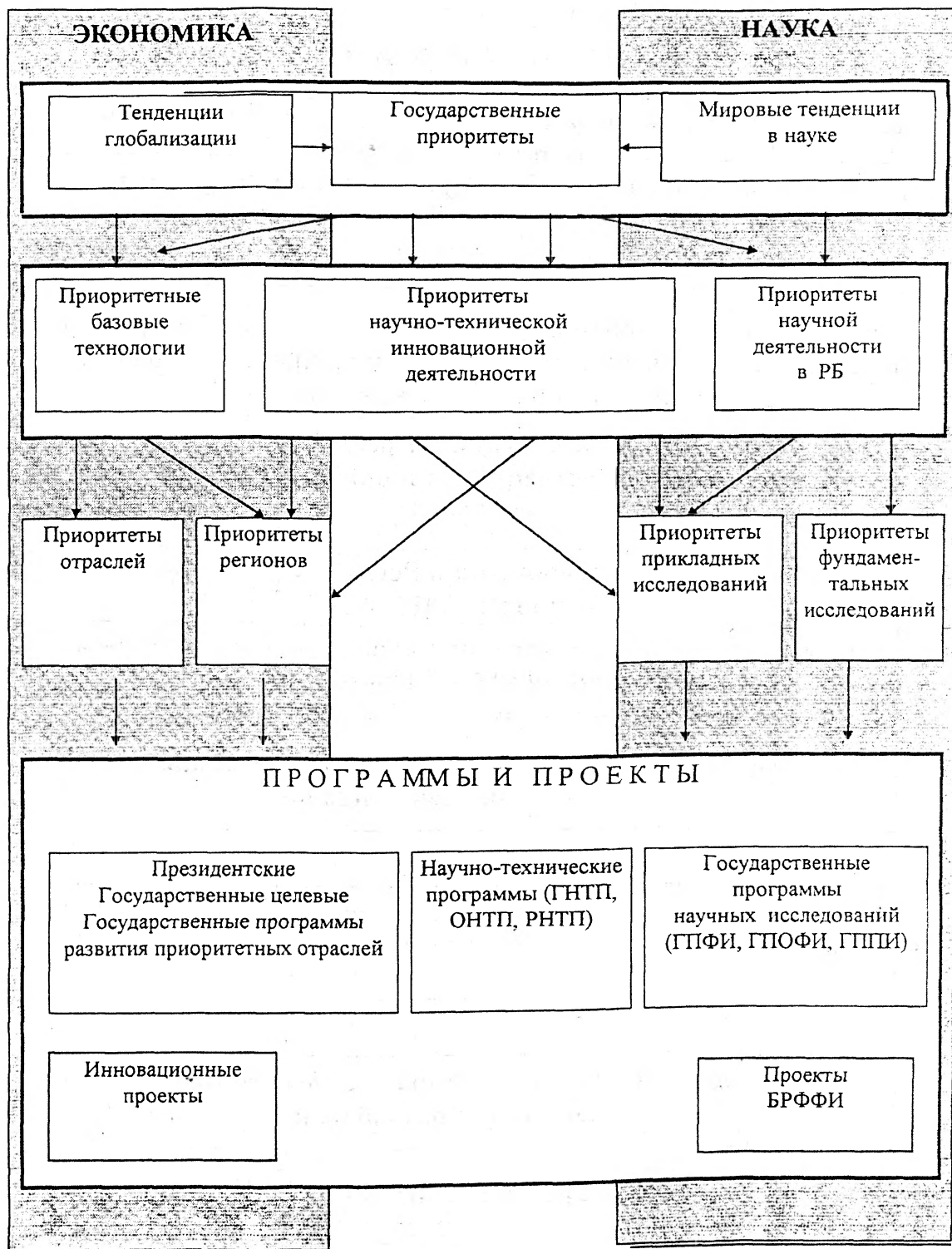


Рис. 6

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПОЛИТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**



Рис. 7

СИСТЕМА ПРОГРАММ И ПРОЕКТОВ



РНТП – региональные научно-технические программы, ГНТП – государственные научно-технические программы, ОНТП – отраслевые научно-технические программы, БРФФИ – Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, ГПФИ – государственные программы фундаментальных исследований, ГПОФИ – государственные программы ориентированных фундаментальных исследований, ГПИ – государственные программы прикладных исследований

Рис. 8

# НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ИМПУЛЬСНЫХ ПОТОКОВ КАТОДНО-ДУГОВОЙ ПЛАЗМЫ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАЗМЫ

*Э.И. Тоцицкий, директор НИЦ «Плазмотег», член-корр., д.т. наук.*

## *Введение*

В ряде случаев эксплуатационные характеристики изделий и ответственных деталей механизмов и машин определяются свойствами поверхностных слоев, а не свойствами объемного материала. Это, прежде всего; трение, износ, коррозионная стойкость и др. Повышение долговечности и надежности этих деталей и узлов механизмов возможно достигнуть за счет нанесения на их поверхность износостойких, упрочняющих, химически стойких покрытий.

## **Теория**

В последние годы усилия ученых и инженерных работников Научно-инженерного центра «Плазмотег» Физико-технического института НАН Беларуси были направлены на разработку новых методов и технологий нанесения тонкопленочных материалов, которых в природе не существуют и их нельзя получить в равновесных условиях, т.к. они реализуются только в неравновесном состоянии. Наиболее перспективными для промышленного применения оказались импульсные методы вакуумного осаждения тонких пленок и покрытий из потоков ускоренной плазмы. Технология импульсного осаждения плазменных потоков позволяет варьировать в широких пределах параметры, которые не могут быть реализованы обычной техникой непрерывного осаждения.

Преимущества импульсного плазменного осаждения заключаются в следующем:

- возможно осаждение покрытий тугоплавких металлов на подложки при относительно низких температурах, меньше чем 473 К, с высокой адгезией;
- прецизионный контроль и управление скоростью осаждения и энергией осаждающихся частиц, преимущественно ионов;
- прецизионный контроль средней толщины осаждаемых пленок и покрытий с точностью нескольких атомных слоев подсчетом количества осажденных импульсов;

- улучшенный контроль состава многоэлементных покрытий по сравнению с традиционными методами осаждения, где нестехиометрия обусловлена различием скоростей распыления различных элементов (магнетронное распыление), или различием равновесных парциальных давлений компонент испаряемой мишени (электронно-лучевое испарение).

Осаждающиеся частицы в плазменном процессе преимущественно являются обычно высокоэнергетичными ионами (например, углерод на 98% однократно ионизирован в плазменном сгустке). Высокая степень ионизации получается вследствие очень высокой плотности мощности, выделяющейся на поверхности графитового катода в импульсном дуговом разряде. Осаждение высокоэнергетических ионов имеет два преимущества. Первое из них состоит в том, что ионы более активно по сравнению с нейтральными атомами взаимодействуют с подложкой в том числе и с образованием химических соединений, т.е. активируется хемсорбция. Второе преимущество заключается в том, что обычно высокая энергия соударяющихся с подложкой частиц является причиной частичного внедрения их в приповерхностные слои подложки, т.е. проявляется эффект субимплантации. В результате неорганические покрытия с высокой адгезией могут осаждаться практически на подложки из любого материала.

Чрезвычайно высокие скорости конденсации, которые возможно реализовать при импульсном осаждении, обуславливают различные механизмы, контролируемые образованием зародышей новой фазы и рост тонких пленок. В том случае, когда скорость адсорбции осаждаемого материала превышает скорость протекания диффузионных процессов на поверхности подложки, сначала будет формироваться аморфный конденсат. Образование кристаллических зародышей не происходит. Последующие процессы структурной перестройки, контролируемые объемной диффу-

зией при достаточно высокой температуре подложки, вызовут постконденсационное образование и рост кристаллических зерен, таким образом будет реализован новый механизм роста пленок по типу пар - аморфная фаза – кристалл. В том случае, когда диффузионный массоперенос практически отсутствует (низкая температура), покрытие будет оставаться аморфным или квазикристаллическим, наноструктурным. В теории зарождения и роста тонких пленок при вакуумном осаждении установлены два доминирующих параметра: критическая температура подложки  $T_k$  и критическое двумерное давление адсорбированных атомов на поверхности  $P_k$ . Двумерное давление (плотность адсорбированных атомов) пропорционально скорости осаждения. Когда  $T > T_k$  и  $P < P_k$ , образования зародышей и роста пленки не происходит. Эта концепция позволяет ввести в теорию фазообразования тонких пленок при импульсной конденсации новый физический параметр — критическая скважность импульсов конденсации  $q_k = \Delta t / \tau$ , ( $\Delta t$ -продолжительность импульса и  $\tau$  период импульса). При скважности ниже критической реиспарение адсорбированных атомов в промежутках между импульсами конденсации становится значительным, пересыщение не достигается, критические зародыши не образуются и рост пленки не происходит, следовательно, дополнительным условием образования пленок при импульсном осаждении является  $q > q_k$ .

Импульсный характер осаждения приводит к тому, что во время промежутков между импульсами происходит реиспарение и диффузионный распад менее стабильных фаз, образовавшихся во время импульса конденсации, тем самым улучшается фазовое совершенство и адгезия осаждаемого покрытия. Этот же эффект в определенных условиях может приводить к образованию аксиальной текстуры на неориентирующих аморфных подложках.

Импульсное плазменное осаждение обуславливает образование сплошных пленок при существенных меньших толщинах, потому что высокие мгновенные скорости адсорбции в сочетании с наличием большего числа ионизированных частиц приводят к высокому пересыщению, появлению большего числа центров кристаллизации и роста пленки. Как показывают расчеты, для углеродных пленок при плотностях потока  $10^{21}$  атомов/см<sup>2</sup> возможно образование сплошных пленок при толщинах 10-15 нм.

Высокие скорости осаждения, совместно с быстрым охлаждением (потерей частицами кинети-

ческой энергии), происходящим при частичном внедрении частиц в поверхностные слои подложки, способствуют образованию метастабильных фаз материала. Несмотря на метастабильность структуры, подобно стеклу, такие материалы могут продолжать существовать в течение очень длительного времени, пока их температура поддерживается ниже некоторой критической температуры. Обычно это температура несколько сотен градусов Цельсия.

Многие из этих фактов были подтверждены экспериментальными результатами с использованием импульсного лазерного осаждения высокотемпературных сверхпроводящих пленок [1], углеродных пленок [2, 3], импульсного дугового осаждения многокомпонентных проводников [4] и алмазоподобных пленок [5, 6], а так же импульсного лазерного осаждения [7, 8].

#### Результаты экспериментов

Вследствие ограниченности объема публикации далее мы рассмотрим только углеродные покрытия, так как они обладают уникальными свойствами.

С целью получения сверхтвердых углеродных покрытий был разработан катодно-дуговой вакуумный источник импульсной плазмы, у которого в качестве материала катода использовался чистый графит. Наиболее сложной задачей являлось измерение твердости полученных углеродных покрытий, т.к. они очень тонкие, менее одного микрона. Обычно измерения микротвердости проводятся на системе пленка-подложка, и чтобы исключить влияние подложки необходимо, чтобы глубина проникновения индентора составляла не более 0,2-0,1 толщины пленки. Поэтому нужно использовать не микротвердомеры (типа ПМТ-3), а нанотвердомеры.

На рис. 1 приведен график зависимости нанотвердости сверхтвердой углеродной пленки, нанесенной на поверхность полированной кремниевой подложки со средней шероховатостью  $R_a = 0,5 - 0,6$  нм, от величины нагрузки, которая определяет глубину внедрения индентора Берковича. Исследования показали, что твердость углеродных покрытий, полученных из импульсных потоков катодно-дуговой плазмы, достигает твердости природного алмаза. Поэтому такие сверхтвердые пленки называются алмазоподобными углеродными (АПУ). Исследования химического состава и микроструктуры, проведенные методами электронной спектроскопии (РФЭС) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) позволяют утверждать, что эти пленки

состоят из углерода 95-98 ат. % и кислорода 2 – 5 ат.%. Другие химические элементы присутствуют в незначительном количестве. Атомы углерода связаны между собой тремя типами гибридных межатомных связей:  $sp^1$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ , при том от относительного содержания  $sp^2$  и  $sp^3$  связей во многом зависят свойства покрытий.

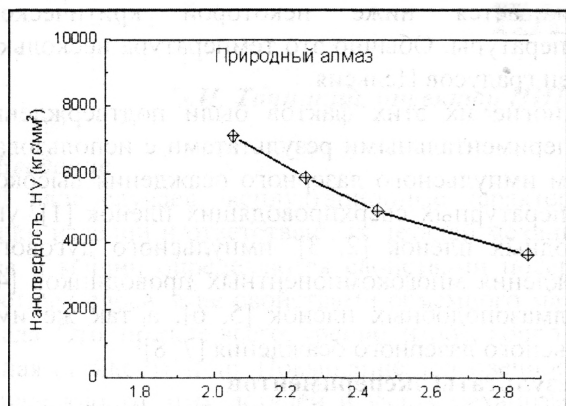


Рис. 1. Нанотвердость алмазоподобных углеродных пленок

Структура АПУ покрытий является клазия-

красной области спектра, их удельное сопротивление может быть в широких пределах от  $10^3$  до  $10^{10}$  Ом·см., в зависимости от условий получения. Поэтому эти пленки могут с успехом быть применены для решения различных технических задач в различных отраслях промышленности.

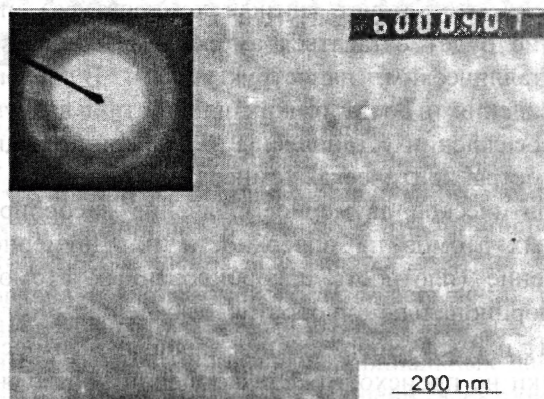


Рис. 2. ПЭМ изображение структуры АПУ пленки

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики природного алмаза и алмазоподобных углеродных пленок, полученных различными методами.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики алмаза и алмазоподобных углеродных пленок.

Свойства	Алмазные CVD -пленки	Водородо-содержащие пленки $\alpha$ -C:H	Пленки из дугового разряда $\alpha$ -C	Природный алмаз (тип II)
Микротвердость, ГПа	70-90	18-40	60-100	80-100
Модуль Юнга, ГПа	986-1050	50-150	450-600	1079
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,5	1,8-2,4	2,4-3,4	3,52
Коэффициент трения	0,05	-	0,03	0,05
Удельное сопротивление, Ом·см	до $10^{12}$	$10^8$ - $10^{14}$	$10^4$ - $10^9$	$10^{14}$
Теплопроводность, Вт/мК	600-1800	0,2-0,5	3-9	2000
Показатель преломления, ( $\lambda = 583$ нм)	2,4-2,45	1,7-2,3	2,4-2,7	2,44

морфной, нанокристаллической. Имеются области размером 5 - 15 нанометров со структурой алмазного типа, где преобладают межатомные  $sp^3$  связи, которые окружены участками с менее упорядоченным расположением атомов углерода, в них преобладают  $sp^2$  связи. Пример такой структуры приведен на рис. 2.

Исследования показали, что АПУ покрытия имеют высокие механические свойства: высокую твердость и износостойкость, низкий коэффициент трения 0,1 по стали, высокую коррозионную и химическую стойкость, прозрачность в инфра-

### Промышленное применение алмазоподобных углеродных покрытий

Разработан, запатентован и внедряется в Сморгонском заводе оптического станкостроения высокопроизводительный технологический импульсный катодно-дуговой источник плазмы, показанный на рис. 3 (патенты РФ № 826761, № 1061686, №1119967, № 1268082, № 1291009, № 1367820, 1994 г.)

Источник плазмы предназначен для оснащения вакуумных установок с целью получения в вакууме и в атмосфере реакционноспособных газов



тонких пленок и покрытий различных металлов, включая тугоплавкие металлы, соединений TiN, ZrN TiAlN, WC и других нитридов и карбидов, а также безводородных сверхтвердых, износостойких алмазоподобных углеродных покрытий типа ta-C на изделиях из металлов и диэлектриков без существенного нагрева поверхности. Источник плазмы может быть эффективно использован для получения многослойных и многокомпонентных покрытий. Точность задания толщины покрытий составляет  $\pm 15$  нм.

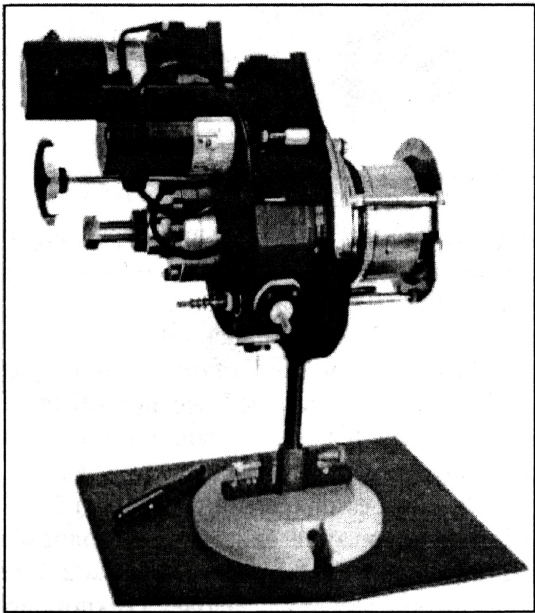


Рис. 3. Импульсный катодно-дуговой источник плазмы

**Технические характеристики источника:**

Потребляемая мощность, кВт	2,5
Емкость батареи конденсаторов, мкФ	2000...5000
Напряжение разряда, В	200...400
Ток разряда в импульсе, А	500...5000
Длительность импульса разряда, мкс	200...1500
Частота следования импульсов, Гц	0.5...20
Диаметр катода, мм	30
Длина рабочей части катода, мм	20...30
Вес, кг	15
Габаритные размеры, см	20×30×40

Импульсный плазменный источник был использован для разработки и освоения ряда технологий, получения наноструктурных алмазоподобных покрытий, которые позволили значительно повысить качество и увеличить ресурс промышленных изделий и инструментов.

Создан и запатентован абразивный материал

для прецизионной обработки поверхности (рис. 4), который представляет собой гибкую полимерную ленту с заданной текстурой поверхности, на которую нанесено алмазоподобное углеродное покрытие (патенты РФ № 809 1995 г., США № 5643343 1997 г., № 5711773 1998 г., Канады № 2177170 1997 г., РФ, № 2136485 1999 г., Европейский патент РС № 0730513 1999 г., ФРГ № 69416855.6 1999 г., Италии № 23128/ВЕ/99 1999г., Китая № 1090552С 2002 г., Украины № 48123 2002 г.) и установка ленточной полировки (рис. 5)

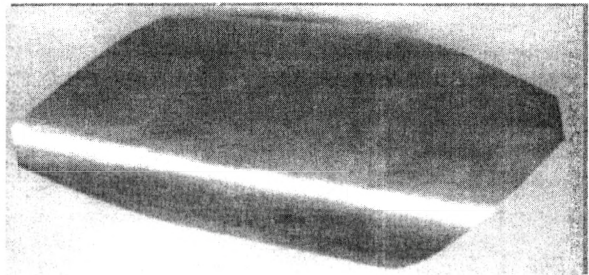


Рис. 4. Фрагмент ленты абразивного материала рулонного типа

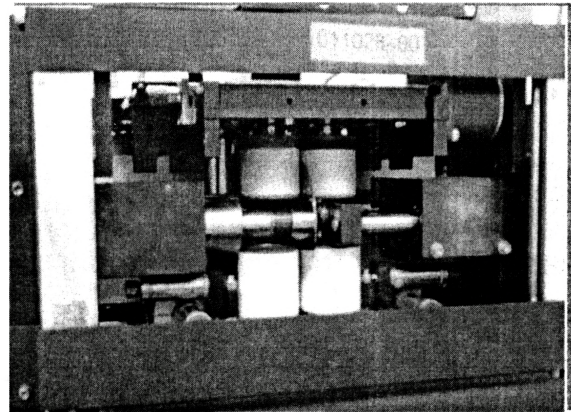


Рис. 5. Установка полировки абразивным материалом в виде гибкой полимерной ленты с алмазоподобным покрытием

**Области использования абразивного материала**

- прецизионная полировка изделий из сверхтвердых материалов;
- полировка кремниевых пластин для микроэлектроники;
- обработка магнитных дисков и магнитных головок;
- финишная обработка оптических дисков для ПЭМ.

Упрочняющие и износостойкие углеродные алмазоподобные покрытия, нанесенные на рабочую поверхность режущих инструментов, увеличивают ресурс инструментов в полтора - два раза, обеспечивают высокое качество обработки. При обработке древесины покрытия предохраняют

инструмент от коррозии, предотвращают налипание смол и др. Наилучшие результаты получены при обработке древесины, цветных металлов и армированных пластмасс режущим инструментом с АПУ покрытием (рис. 6, 7).

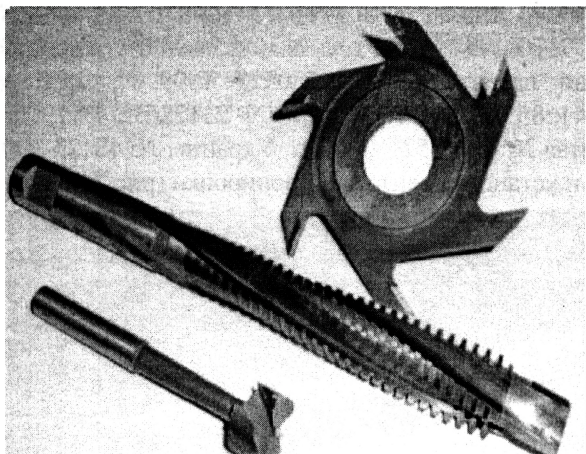


Рис. 6. Фрезы с алмазоподобными покрытиями

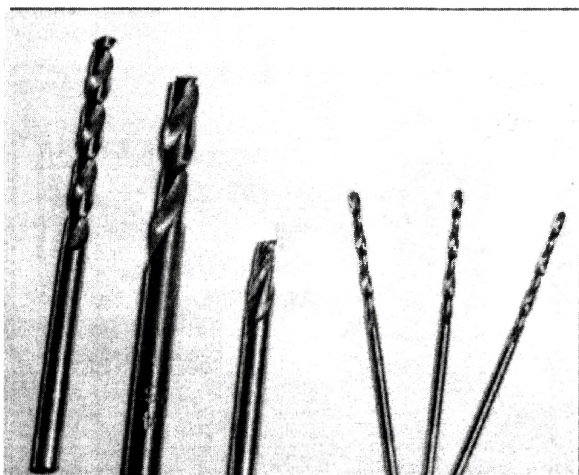


Рис. 7. Сверла с многослойным покрытием

Существенное увеличение ресурса дизельных двигателей достигается при нанесении АПУ покрытий на рабочие поверхности деталей **запорной топливной аппаратуры**.

Износостойкие углеродные алмазоподобные покрытия, нанесенные на рабочую поверхность **мерительных инструментов** (патент РФ № 2026412 1995 г.), таких как гладкие калибры-пробки, резьбовые калибры (рис. 8), плитки Иогансона и др. многократно увеличивают их ресурс, стойкость к износу и сроки межповерочных интервалов. Мерительные инструменты с углеродными алмазоподобными покрытиями, имеют следующие преимущества:

- повышение срока службы
  - гладких калибров-пробок                    10 раз;
  - резьбовых калибров                            3 раза;

- увеличение интервалов поверки    5-10 раз;
- малый коэффициент трения            0,15.

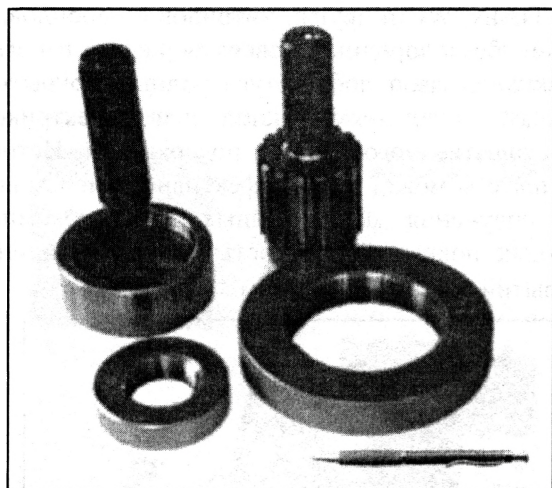


Рис. 8. Гладкие и резьбовые калибры

Алмазоподобные углеродные покрытия нанесенные на рабочую поверхность **головок термопечати** (рис. 9) увеличивают их ресурс в несколько раз. Разработанная технология позволяет наносить покрытия без нагревания подложек. Защитные алмазоподобные покрытия обеспечивают срок службы головок термопечати на 50 километрах бумажной ленты, в то время как ресурс головки без покрытий составляет 2 - 3 км при частоте обжигания движущейся полосы термочувствительной бумаги не менее чем 250 герц. Технология внедрена на заводе «Техноприбор» (г. Могилев)

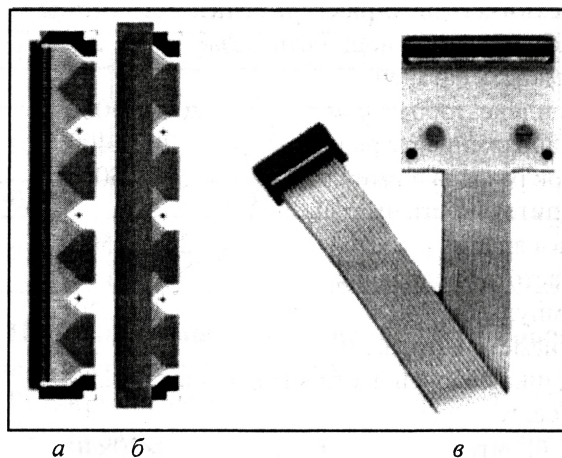


Рис. 9. Головка термопечати : а — термозлемент головки без покрытия; б — с АПУ покрытием; в — головка в сборе

Технология нанесения химически стойких антикоррозионных алмазоподобных наноструктурных углеродных покрытий на **молдинговые формы** из стали У8 для изготовления изделий из пластмасс

(рис. 10), обеспечивают повышение ресурса форм в несколько раз, увеличение качества их поверхности, предотвращение прилипания остатков пластмасс к рабочим поверхностям форм, что создает условия для бесперебойной работы автоматических установок литья. Микротвердость молдинговых форм с АПУ покрытием составляет 2100 – 2150 HV, фактор износа – 207 – 813 мкм<sup>3</sup>/Нм. Нанесение АПУ покрытий приводит к многократному увеличению износостойкости форм; повышению химической стойкости к термопластам и реактопластам, предотвращению коррозии, повышению качества пластмассовых изделий за счет уменьшения шероховатости их поверхности, обеспечивает низкий коэффициент сухого трения со сталью 0,1, высокую твердость поверхностного слоя до 60ГПа (6000 кгс/мм<sup>2</sup>), сохранение размеров допусков форм из-за малой толщины покрытий 0,1 -0,3 мкм.

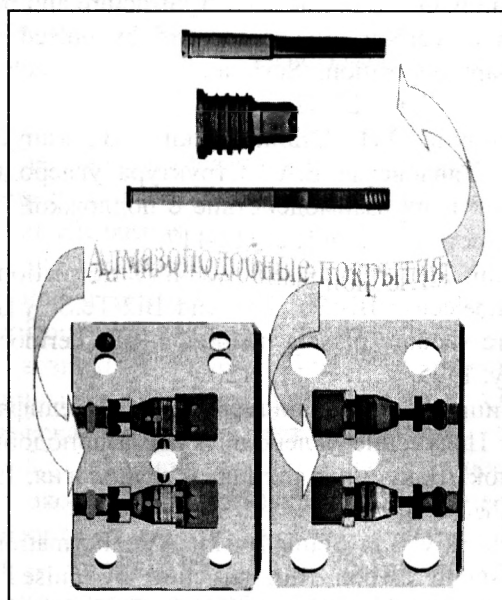


Рис. 10. Молдинговые формы для литья изделий из пластмасс

Проблема создания биоматериалов для протезирования органов человека, например искусственных клапанов сердца, кровеносных сосудов, суставов и других имплантантов обусловлена рядом специфических требований. Материал не должен быть токсичным, аллергенным, травмирующим живую ткань, а также не должен вызывать гемолиз и свертывание крови, поддаваться истиранию и механическому разрушению, менять структуру и конфигурацию поверхности, химически трансформироваться и разлагаться.

Эту проблему можно решить, изготавливая имплантанты из металла, например титана, и закрывая поверхность имплантантов специальными покры-

тиями. Установлено, что контакт чужеродного материала с кровью вызывает на его поверхности образование слоя белка плазмы крови, динамика изменений состава и структуры которого во многом определяет физико-химические и биосовместимые свойства поверхности имплантанта. Показано, что наилучшими биосовместимыми свойствами обладают поверхности, имеющие минимальное значение свободной межфазной энергии, состоящие из гидрофильных и гидрофобных доменов размером 10-15 нм, т.е. наноструктурные поверхности.

Этим требованиям соответствуют алмазоподобные углеродные покрытия, которые не только тромборезистентны, но и биосовместимы с клетками крови, не оказывают влияния на белки плазмы крови и не изменяют активности плазменных экзимов.

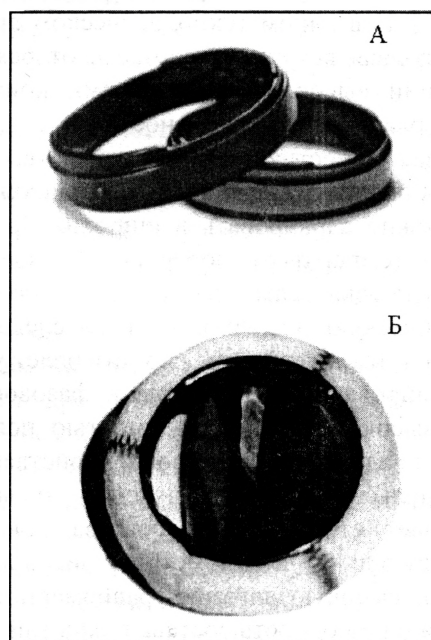


Рис. 11. А — корпус искусственного клапана сердца с АПУ покрытием; Б — ИКС в сборе

В НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси разработана и внедрена технология нанесения биосовместимых, тромборезистентных алмазоподобных углеродных покрытий на детали искусственных клапанов сердца (ИКС) из импульсных потоков ускоренной плазмы с использованием вышеописанного импульсного катодно-дугового источника плазмы (рис. 3). На рис. 11 показаны корпуса искусственного клапана сердца «Планник-Т», изготовленного из титанового сплава ВТ-16, на поверхность которого нанесено АПУ покрытие. Наиболее важными технико-биологическими характеристиками АПУ покрытий на ИКС «Планекс-Т» являются следующие: толщина

покрытий 0,01...0,5 мкм, микротвердость не менее 60 ГПа, индекс тромбоцитного теста более 4,5 и период эндотелизации 30 дней.

#### Заключение

Таким образом, технология нанесения покрытий из импульсных потоков ускоренной катодно-дуговой эрозийной плазмы и холловский вакуумно-дуговой плазменный ускоритель технологического назначения являются уникальными, аналогов в мире нет. Эта технология обладает следующими преимуществами перед известными технологиями нанесения вакуумных покрытий:

1. Высокая степень ионизации испаренного вещества в плазменном сгустке, для ряда материалов она достигает 98%, позволяет ускорить ионизированные частицы, а также дает возможность, изменять кинетическую энергию заряженных частиц, проходит в одном технологическом процессе, не вскрывая вакуумной камеры, от режимов имплантации высокоэнергетическими ионами к режимам распыления поверхностного слоя (что обеспечивает очистку поверхности и высокую адгезию) к последующему осаждению покрытия.

2. Возможно варьировать в широких пределах не только температуру поверхности изделия и плотность потока осаждаемых атомов, но также их кинетическую энергию, частоту следования импульсов и их скважность, что позволяет управлять формированием структуры и фазового состава, с высокой воспроизводимостью получать покрытия с заданной структурой и свойствами.

3. Импульсное катодно-дуговое испарение обеспечивает стехиометрию состава покрытия, соответствующую стехиометрии испаряемого материала, высокую адгезию, равномерность по толщине и однородность состава покрытий.

4. Наиболее существенным преимуществом является возможность задавать различное соотношение импульсов плазмы различных материалов и с высокой воспроизводимостью создавать многокомпонентные и многослойные покрытия заданного состава и толщины, а также синтезировать материалы покрытий, которые не реализуются в равновесном состоянии. Например, смешивая заданное количество импульсов плазмы различных веществ, которые взаимно не растворяются и не взаимодействуют, формировать новые материалы, получать стекловидные металлические и алмазоподобные углеродные покрытия на режу-

щем инструменте, деталях машин и конструкций.

Для широкого внедрения в промышленность Белоруссии импульсной плазменной наукоёмкой технологии нанесения наноструктурных алмазоподобных покрытий на Сморгонском заводе оптического станкостроения готовится к выпуску новая вакуумная установка, оснащенная высокопроизводительным технологическим источником импульсной катодно-дуговой плазмы, разработанным в НИЦ «Плазмотек» Физико-технического института НАН Беларуси.

#### Литература

1. Sviridovich O.G., Gololobov E.M., Turchevich E.M. Tochitskiy E.I. Phase transformation in YBaCuO prepared by pulsed laser deposition / *Physica Status Solidi (a)* 1990, V. 122, P. 555-565.
2. Frulich V.V., Kapustin I.A., Stanishevsky AV., Selifanov O.V., Tochitskiy E.I. Structure and properties of carbon films prepared by pulsed vacuum-arc deposition. *Surf. and Coating Technol.*, 1991, V. 47, P. 522-527.
3. Точицкий Э.И., Станишевски А.В., Капустин И.А., Тявловская Е.А., Структура углеродных пленок и их взаимодействие с подложкой/ *Поверхность* 1991, № 1, с. 113-117.
4. Tochitskiy E.I., Gasenkova I.V. Formation of thermoelectric Bi<sub>2</sub>(Sb, Te)<sub>3</sub> and Bi<sub>2</sub>(Te,Se)<sub>3</sub> films by arc vacuum plasma method/ *J. of Thermoelectricity*, 1995, V. 1, P. 117-120.
5. Точицкий Э.И., Станишевски А.В., Селифанов О.В. Получение углеродных алмазоподобных пленок. /*Вакуумная техника и технология*, 1991, Т.1, №2, с. 47-49.
6. Tochitskiy E.I., Stanishevsky AV., Formation of metastable carbon film structure by pulsed arc plasma deposition in vacuum/ *J. of Chemical Vapor Deposition*, 1996, V. 44, P. 297-310.
7. Точицкий Э.И., Смольянинова Е.А., Белявский Н.М., Свиридович О.Г., Сверхпроводимость молибден-рениевых тонких пленок, полученных методом импульсного лазерного осаждения/ *Физика металлов и металловедение*, 1989, Т. 67 (6), с. 36-39.
8. Точицкий Э.И.Б Чекан Н.М., Грожек В.А., Елисеев С.Ю., Свойства тонких пленок свинцовооборотных стекол, полученных методом лазерного осаждения/ *Доклады АНБ, сер. Технические науки*, 1996, т. 40, № 5, с. 115-119.

УДК 629.114.2

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

*Бурносенко А.А., Жданович Ч.И.*

*Белорусский национальный технический университет*

Значительный процент времени использования трактора (до 50%) составляют транспортные работы [1, стр. 7]. Практика тракторостроения показывает, что максимальные скорости практически всех выпускаемых сегодня моделей тракторов с мощностью двигателя от 79 до 300 л.с. достигают 40 км/ч [2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], а у некоторых моделей они достигают 50 км/ч [6, 7, 13].

С увеличением скорости движения машины профиль дороги начинает заметно влиять на ее динамику, что проявляется в изменениях устойчивости движения, управляемости машины и комфорта работы оператора. Комфорт водителя, тяговое усилие, управляющие силы и тормозное усилие, являющиеся важным критерием оценки безопасности и управляемости движения трактора, определяются сцеплением передних колес с почвой, которое, в свою очередь, зависит от опорной реакции на колесах. Из-за неравномерности опорной реакции и изменения радиуса колес возникают также вибрации в трансмиссии машины, снижающие долговечность ее службы. Подвеска трактора может уменьшить неравномерность опорной реакции и способна обеспечить экономически эффективную, безопасную и комфортную работу на всем диапазоне скоростей — от технологических до транспортных. В общем случае к подвескам тракторов предъявляются следующие требования:

1. Повышение плавности хода трактора для того, чтобы обеспечить должный комфорт водителя
2. Снижение динамических нагрузок на элементы конструкции трактора и на навесные орудия
3. Улучшение устойчивости движения машины, исключение появления сильных колебаний на некоторых видах дорог
4. Обеспечение хорошей управляемости машины, надежного торможения за счет постоянного контакта колес с почвой
5. Обеспечение равномерности тягового усилия за счет постоянного контакта колес с почвой
6. Высокий экономический эффект как от работ, связанных с обработкой почвы, так и на транспортных работах.

В выпускаемых сегодня колесных тракторах используются следующие методы подрессоривания:

а) Подрессоривание кабины трактора и водительского сиденья. Этот способ позволяет эффективно бороться с вибрацией на рабочем месте оператора, однако не обеспечивает выполнения требований по обеспечению хорошей устойчивости и управляемости машины.

б) Подрессоривание передних и задних колес трактора. Этот способ подрессоривания может обеспечить выполнение всех требований, предъявляемых к подвескам. Однако он почти не используется из-за сложности конструктивного воплощения.

в) Подрессоривание передних колес трактора. Эта разновидность подвески обеспечивает выполнение всех требований к подвескам за исключением требования к вибрации на рабочем месте водителя. Большинство выпускаемых сегодня тракторов с системами подрессоривания оборудовано подвесками именно передних колес, поэтому таким системам подрессоривания и будет уделено основное внимание в предлагаемой статье.

Серийный выпуск тракторов с системами подрессоривания переднего моста начат в 60-х годах XX века. У зарубежных тракторов, в частности, применялось подрессоривание переднего моста одной поперечной полуэллиптической рессорой, на листовых рессорах, свечных пружинных рессорах и т.д. Главными недостатками описанных выше схем подрессоривания переднего моста являются линейная (или близкая к ней) упругая характеристика, невозможность регулирования упругих и демпфирующих свойств подвесок и невозможность блокировки подвески.

В настоящее время все крупнейшие мировые производители тракторов (Deere & Co., Fendt, New Holland, Case, Deutz-Fahr, Massey Ferguson, Valtra, Vaumet, Claas, AGCO, McCormick, Hurlimann, SAME, Lamborghini) [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] используют подвески с гидропневматическими или пневматическими упругими элементами. Подвески изготавливаются управляемыми и блокируемыми, с возможностью автоматического поддержания заданной высоты остова машины над опор-

ной поверхностью независимо от нагрузки на передний мост. Рассмотрим типовые схемы направляющих устройств подвесок, используемые производителями тракторов:

Рычажная параллелограммная подвеска передних колес трактора выпускается фирмами Deere and Co. [15] и Carraro [16]. Такая подвеска изображена на рис. 1. Гидропневматические рессоры с противодавлением 1 размещены между остовом машины 2 и нижними рычагами 3 параллелограммных механизмов 4.

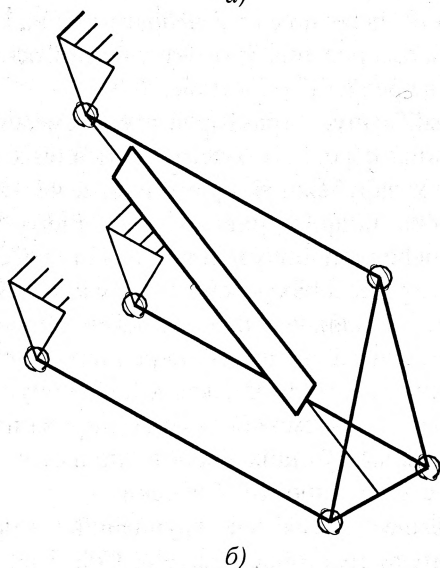
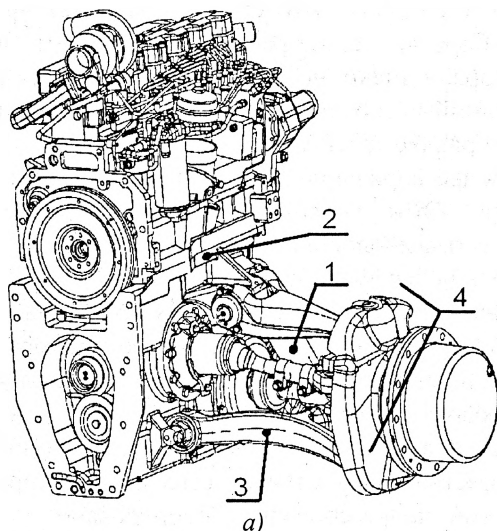


Рис. 1. Независимая параллелограммная подвеска тракторов Deere: а) – конструктивная схема; б) – кинематическая схема

Параллелограммный направляющий механизм обладает сравнительно простой кинематикой, однако при его использовании производителям приходится отказываться от использования цель-

ной балки переднего моста, усложняя конструкцию передач тягового усилия к колесам и встраивать в подвеску большое количество сильнонагруженных шарниров.

Большинство производителей тракторов при создании подвески переднего моста уделяет внимание следующим системам поддрессоривания с цельной балкой:

а) Подвеска с поперечной реактивной тягой выпускается фирмами Deere and Co., New Holland, Zahnradfabric [2, 4]. Механизм системы поддрессоривания, изображенный на рис. 2, состоит из переднего моста 1 трактора, продольного рычага 2 подвески, двух рессор 3 и поперечной тяги 4.

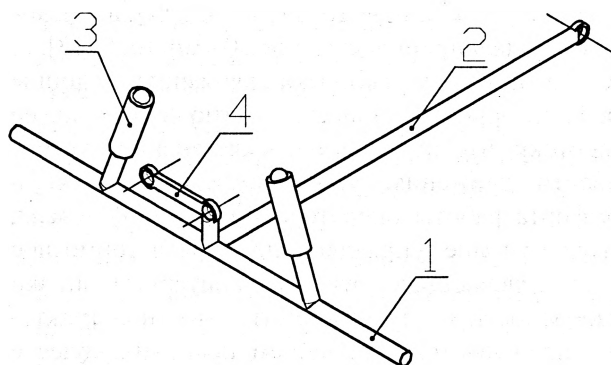


Рис. 2. Схема подвески переднего моста с поперечной тягой

Продольный рычаг 2, закрепленный на остова машины, передает тяговое усилие от колес на остова в продольном направлении. Шарнир, соединяющий продольный рычаг 2 с остовом, позволяет рычагу поворачиваться относительно точки крепления в вертикальной плоскости. Поперечная тяга (тяга Панара) 4 подвижно соединяет мост 1 трактора с его остовом, ограничивая перемещение моста в поперечном направлении. Две рессоры 3 воспринимают вертикальные нагрузки, действующие между остовом машины и мостом 1. К плюсам системы поддрессоривания с поперечной тягой относится простота конструктивной схемы, а также то, что шарнир продольного рычага не нагружается выворачивающими моментами от боковых сил на передних колесах. Недостатками этой схемы является сложная кинематика шарниров.

б) Схема, в которой движение переднего моста определяется четырехзвенным механизмом, используется в системах поддрессоривания производства Carraro [16]. Передний мост 1 посредством четырехзвенного рычажного механизма 2 и рессоры 3 крепится к остова машины (рис. 3).

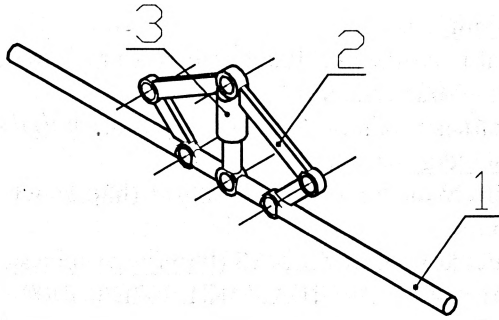


Рис. 3. Схема подвески переднего моста с четырехзвенным механизмом

К плюсам такой системы поддрессоривания относится ее компактность. К минусам — большое количество высоконагруженных шарниров.

Подвеска на продольном рычаге без поперечной реактивной тяги представлена на рис. 4. Такая подвеска используется на тракторах Fendt, Deutz-Fahr, Valtra-Valmet Traktoren [6, 7, 13]. В этом случае балка 1 моста крепится при помощи шарнира к продольному рычагу 2, который, в свою очередь, двумя шарнирами крепится к остову машины. Продольный рычаг поддерживается двумя рессорами 3.

К плюсам описанной системы поддрессоривания относится простота конструкции и то, что деформация рессор не зависит от качания моста в поперечной плоскости. Следует также отметить, что схема поддрессоривания с продольным рычагом может легко быть встроена в уже выпускаемые модели тракторов. К недостаткам конструктивной схемы с продольным рычагом относится высокая нагрузка в шарнирах рычага. Подводя итоги, можно сказать, что схема подвески без поперечной тяги является более предпочтительной, нежели схема с параллелограммным механизмом поперечной тягой и схема с четырехзвенным механизмом.

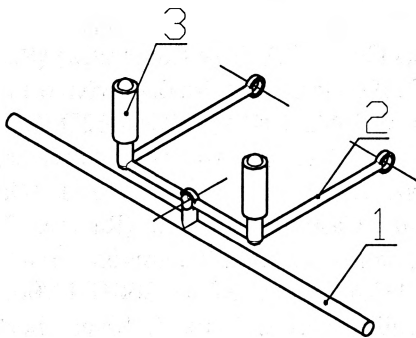


Рис. 4. Схема подвески переднего моста без поперечной тяги

Крупные производители тракторов используют подвески с гидропневматическими и, в меньшем объеме, пневматическими упругими элементами

[2, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 17, 18, 27]. Для управления параметрами гидропневматических и пневматических подвесок используются электронно-гидравлические системы автоматического регулирования (САР), использующие показания ряда датчиков (датчики скорости, ускорений, хода подвески и так далее), установленных на машине.

Параметры гидропневматической подвески легко подстраиваются под текущие условия работы путем изменения давления рабочего тела, что делает возможным создание стандартного ряда конструкций. Такая подвеска хорошо поддается автоматическому регулированию, ее можно заблокировать. Упругий элемент такой рессоры обладает естественной нелинейностью характеристики, обеспечивая высокую податливость при малых колебаниях и высокую силу сопротивления сжатию при сильных отклонениях от положения равновесия. Регулировка характеристик рессор, в большинстве выпускаемых сегодня моделей тракторов с гидропневматической подвеской, осуществляется при помощи изменения двух параметров — жесткости рессор и характеристики амортизаторов.

Регулировка одной лишь жесткости рессор применяется производителями тракторов значительно чаще, чем совместная регулировка жесткости рессор и характеристики амортизаторов (таблица). Это позволяет упростить САР подвески и алгоритмы ее работы.

Держатель патента	Регулировка жесткости	Регулировка характеристики амортизаторов	Источник
CASE (мод. 1)	да	да	19
CASE (мод. 2)	да	нет	20
CASE (мод. 3)	да	да	21
CASE (мод. 4)	да	нет	22
Caterpillar (мод. 1)	да	нет	23
Caterpillar (мод. 2)	да	да	24
Deere (модель 1)	да	нет	15
Deere (модель 2)	да	нет	25
Deere (модель 3)	да	да	26
Deere (модель 4)	да	нет	18
Deere (модель 5)	да	нет	27

Большинство выпускаемых сегодня моделей тракторов с системой поддрессоривания имеют средства для блокировки подвески [2, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27]. Вдобавок, системы управления подвесками позволяют ав-

томатически поддерживать заданную высоту остова машины над опорной поверхностью. В-первых, это связано с тем, что ряд технологических операций, выполняемых на тракторе, требует строго фиксированной высоты рабочих органов над землей. Во-вторых, при ряде операций, выполняемых на тракторе (например, когда машина работает в качестве погрузчика), вертикальная нагрузка на передние колеса машины достигает значительных величин.

Подводя итоги, можно заметить, что использование подвесок в тракторах вызвано растущими скоростями движения машин. Системы поддрессирования позволяют улучшить показатели комфорта и безопасности работы водителя и способствуют повышению устойчивости и управляемости трактора. Большинство производителей сельскохозяйственной техники выпускают тракторы с поддрессоренной цельной балкой переднего моста, выполняя механизм поддрессирования по одной из четырех схем: параллелограммная схема, схема с поперечной тягой, схема с четырехзвенным механизмом, схема с продольным рычагом. Упругие и демпфирующие элементы подвески обычно совмещены в одну гидропневматическую рессору. Управление подвесками основано на показаниях датчиков перемещения, скорости и ускорения и осуществляется с помощью пневматических или гидропневматических САР с возможностью блокировки и устройствами для автоматического поддержания заданной высоты остова.

*Список использованных источников информации*

1. Артёмьев П.П. Исследование и обоснование рационального диапазона транспортных скоростей высокоэнергонасыщенных колесных тракторов класса 14 кН: Автореф. дисс. на соискание ученой степени к.т.н.: 05.05.03 – Мн., 1976. – 17 с.
2. Сайт компании Deere & Co. (<http://www.deere.com>)
3. Сайт компании Case (<http://www.caseih.com>)
4. Сайт компании New Holland (<http://www.newholland.com>)
5. Сайт концерна AGCO (<http://www.agcotractors.agcocorp.com>)
6. Сайт компании Fendt (<http://www.fendt.com>)
7. Сайт компании Deutz-Fahr (<http://www.deutz-fahr.de>)
8. Сайт компании McCormick (<http://www.mccormick-intl.com>)
9. Сайт компании Hurlimann (<http://www.hurlimann.com>)
10. Сайт компании SAME (<http://www.same-tractors.com>)
11. Сайт компании Lamborghini (<http://www.lamborghini-tractors.com>)
12. Сайт компании Massey Ferguson (<http://www.masseyferguson.com>)
13. Сайт компании Valtra Vulmet (<http://www.valtra.com>)
14. Сайт компании CLAAS (<http://www.claas.com>)
15. Пат. 6 470 991 США, МКИ В62D 021/00. Tractor with front suspension/ Bowman; Dennis Aaron (Cedar Falls, IA) et al.; Deere & Company (Moline, IL) – № 661855; Заявл. 14,09,2000; Оpubл. 29,10,2002;
16. Сайт компании Carraro (<http://www.carraro.com>)
17. Пат. 5 879 016 США, МКИ В60G 009/02. Pivoting spring-mounted axle suspension/ Altherr August et al. (Германия); Deere & Company (Moline, IL) – № 895382; Заявл. 19,10,1996; Оpubл. 9,03,1999;
18. Пат. 6 578 855 США, МКИ В60G 017/00. Vehicle suspension control system/ Wallestad; Steven Daniel (Cedar Falls, IA); Deere & Company (Moline, IL) – № 903172; Заявл. 11,07,2001; Оpubл. 17,07,2003;
19. Пат. 6 029 764 США, МКИ В62D 033/08. Coordinated control of an active suspension system for a work vehicle/ Schubert; William L. (Downers Grove, IL); Case Corporation (Racine, WI) – № 968065; Заявл. 12,11,1997; Оpubл. 29,02,2000;
20. Пат. 6 036 206 США, МКИ В60G 021/00. Traction control and active suspension/Bastin; Bruce G. (Starbuck, MN); Lent; Kevin C. (Glenwood, MN); Case Corporation (Racine, WI) – № 969798; Заявл. 13,11,1997; Оpubл. 14,03,2000;
21. Пат. 6 311 795 США, МКИ В62D 051/06. Work vehicle steering and suspension system/ Skotnikov; Andrey V. (Burr Ridge, IL); Schubert; William L. (Downers Grove, IL); Case Corporation (Racine, WI) – № 562199; Заявл. 2,05,2000; Оpubл. 6,11,2001;
22. Пат. 6 634 445 США, МКИ В62D 011/04. Skid steer vehicle having suspensions that are locked based on vehicle speed/ Dix; Peter J. (Naperville, IL) et al.; Case Corporation (Racine, WI) – № 033838; Заявл. 27,12,2001; Оpubл. 21,10,2003;
23. Пат. 2379025 СА, МКИ В60G 17/00. Suspension leveling system/Mark J. Pivac, Perth (AU); Caterpillar Inc, Peoria (IL) – № 09/885,263; Заявл. 29,05,2001; Оpubл. 22,05,2003;
24. Пат. 5 947 458 США, МКИ F16F 005/00. Apparatus for an active suspension system/ Rhodes; Larry K. (Pekin, IL); Shaffer; Steven M. (Peoria,



- IL); Caterpillar Inc. (Peoria, IL) – № 891777; Заявл. 14,07,1997; Опубл. 07,09,1999;
25. Пат. 6 722 994 США, МКИ F16D 003/16. Suspended drive axle and agricultural tractor with same/ Woods; Terrill Wayne (Sierra Vista, AZ) et. al.; Deere & Co. (Moline, IL) – 802666; Заявл. 09,05,2001; Опубл. 20,04,2004;
26. Пат. 6 145 859 США, МКИ B60G 009/99. Hydro-pneumatic driven axle suspension/ Altherr; August (Kaiserslautern, DE) et. al.; Deere & Company (Moline, IL) – № 179568; Заявл. 27,10,1998; Опубл. 14,11,2000;
27. Пат. 5 271 632 США, МКИ B60G 017/015; B60G 021/073. Hydro-pneumatic wheel suspension/ Glaser; Fritz (Zweibruecken, DE); Munz; Roman (Mannheim, DE); Deere & Company (Moline, IL) – № 978648; Заявл. 19,11,1992; Опубл. 21,12,1993.

УДК 62-762.6:62-24

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКТОВ ПОДВИЖНЫХ УПЛОТНЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПО «ГОМСЕЛЬМАШ»

*Адериха В.Н., Шаповалов В.А., Институт механики металлополимерных систем  
им. В.А. Белого НАН Беларуси,*

*Волков И.В., Республиканское конструкторское унитарное предприятие  
«ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике»,*

*Колупаев Ю.А., Республиканское унитарное предприятие  
«Гомельский завод сельскохозяйственного машиностроения «Гомсельмаш»*

Системы современного гидропривода являются неотъемлемой частью многих машин и механизмов. Качество подвижных уплотнений, применяемых в таких устройствах, напр. гидроцилиндрах, определяет технический уровень машины в целом, поскольку от них зависят наработка на отказ, ресурс, потери мощности и потери рабочей жидкости, а следовательно и экологичность объекта техники. Современный уровень машиностроения требует, чтобы ресурс уплотнений не уступал ресурсу машины в целом, т.о. исключал необходимость ремонта и замены уплотнений в процессе всего срока эксплуатации машины, обеспечивая при этом низкие потери на трение и полное отсутствие либо минимальный уровень утечек рабочей жидкости.

Сравнительные испытания уплотнений, проведенные в РКУП ГСКБ ПО «Гомсельмаш» показали, что резиновые манжеты производства ПО «Резинотехника» (г. Бобруйск) — единственный тип отечественных уплотнений для гидроцилиндров, выпускавшихся в РБ на момент начала настоящей работы, в три-четыре раза уступали импортным уплотнениям по ресурсу и прочим тех-

ническим показателям, в связи с чем ПО «Гомсельмаш» до последнего времени осуществляло закупку комплектов уплотнений для новой техники за рубежом. Это и предопределило постановку задачи – разработать материалы, их технологию и конструкцию комплекта уплотнений, соответствующего по техническому уровню лучшим зарубежным аналогам, а по экономическим показателям - превосходящие их. Работа выполнялась в рамках задания региональной научно-технической программы Гомельской области.

Уплотнение является достаточно сложным объектом современной техники, т.к. его эффективная работа определяется сочетанием свойств самого материала уплотнения и используемой конструкции. Соответственно разработка отечественного аналога зарубежных уплотнений включала в себя несколько этапов:

- ♦ материаловедческие исследования — создание материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками для различных функциональных элементов комплекта (уплотняющего кольца, опорно-направляющего кольца, грязесъемника) и их технологии;

♦ опытно-конструкторские работы по определению конструкции установочных мест в гидроцилиндре и отработке по результатам испытаний конструкции уплотнений, обеспечивающей их эффективное функционирование при использовании конкретных материалов;

♦ разработку конструкторской документации на технологическую оснастку и ее изготовление для организации опытно-промышленного производства комплектов уплотнений;

♦ организацию опытно-промышленного производства комплектов уплотнений.

В связи с достаточно узким ассортиментом полимерных материалов, выпускающихся в Беларуси, в качестве базы материаловедческих исследований рассматривались прежде всего материалы производимые в странах СНГ, в первую очередь России, с которой сохранена и развивается высокая степень интеграции экономики нашей республики. В качестве основы подвижных уплотнений и грязесъемников выбран политетрафторэтилен (фторопласт-4), композиции которого применяются в большинстве конструкций ведущих в этой области зарубежных компаний, таких как Busak+Shamban, Karl Freudenberg, Merkel, W.Hunger и др., а в качестве основы опорно-направляющих колец – модифицированные угленасыщенные композиции полиамида с улучшенными триботехническими характеристиками. Промышленные фторопластовые композиты российского производства (Ф4К20, Ф4К15М5, Ф4С15 и др.) не были использованы в связи с заметной абразивностью применяемых наполнителей, осложняющих их механообработку и эксплуатацию, и высокой стоимостью изделий из них при их получении механической обработкой толстостенных заготовок. Промышленные полиамидные углепластики, выпускаемые Светлогорским ПО «Химволокно» также были признаны непригодными для использования в исходном виде в связи с недостаточной несущей способностью и склонностью к намазыванию при тяжелых режимах трения.

При разработке фторопластового композита решалась задача создания высокоизносостойкого материала, не имеющего в своем составе абразивных наполнителей, и обладающего достаточной эластичностью для монтажа в закрытые посадочные места. К материалу опорно-направляющих колец в связи с появлением значительных осевых нагрузок при работе гидроцилиндра помимо высокой износостойкости и низкого коэффициента трения дополнительно предъявляется

требование повышенной несущей способностью при полном исключении макропереноса (намазывания) материала на контактирующую металлическую поверхность. Намазывание нередко наблюдается при тяжелых режимах трения полиамидных пластмасс, в том числе и промышленных полиамидных углепластиков. Намазывание материала опорно-направляющего кольца на поверхность трения штока может привести к разрушению рабочей кромки фторопластового уплотнения, работающего по той же поверхности трения, и его выходу из строя. В результате материаловедческих исследований были разработаны новые антифрикционные материалы «Полиамид угленасыщенный УПА(Т)-6/12» ТУ РБ 400084698.120-2001, извещение №1, и «Политетрафторэтилен насыщенный Фторан(Гр)-10» ТУ РБ 400084698.118-2001.

Выбор типа материала уплотнения (термопласт ↔ эластомер) в свою очередь предопределяет выбор типа конструкции подвижного уплотнения (резинопластмассовое уплотнение ↔ манжета). Принципиальный вид комбинированного резино-пластмассового уплотнения, использованного в настоящей работе приведен на рис. 1. В данной конструкции эластомер (резиновое кольцо 1) используется для уплотнения посадочной канавки 2 и поджатия фторопластового уплотнения 3 к подвижной контактной поверхности 4 (штоку, гильзе цилиндра), а собственно герметизацию в динамике обеспечивает плоское ступенчатое кольцо 3 (step seal) из фторопластовой композиции. Для качественной герметизации штока в конструкции предусмотрена установка двух комбинированных резино-пластмассовых уплотнений и аналогичного по конструкции грязесъемника, выполняющего одновременно функции уплотнения. Герметизация поршневой полости решена применением одного комбинированного резино-пластмассового уплотнения. Общий вид гидроцилиндра, оснащенного разработанным комплектом уплотнений приведен на рис. 2.

Стендовые испытания экспериментального гидроцилиндра были проведены в РКУП ГСКБ ПО «Гомсельмаш» и включали в себя проверку герметичности при испытательном давлении 24 МПа в статике и ресурсные испытания при рабочем давлении 16 МПа. С учетом назначенного ресурса  $0,75 \times 10^6$  циклов испытания проводили в объеме не менее  $0,12 \times 10^6$  циклов, что в соответствии с ОСТ 105-208—88 составляет 90 % нара-

ботку на отказ. Ход поршня составлял 0,2 м и максимальная скорость движения — 0,5 м/с. Рабочая жидкость — масло МГЕ 46В ТУ 38.001347-83, очищенное при помощи фильтра с номинальной тонкостью фильтрации 25 мкм. Температура масла 50...60 °С. Осевую нагрузку на шток задавали с помощью однотипного гидроцилиндра. Схема стенда представлена на рис. 3.

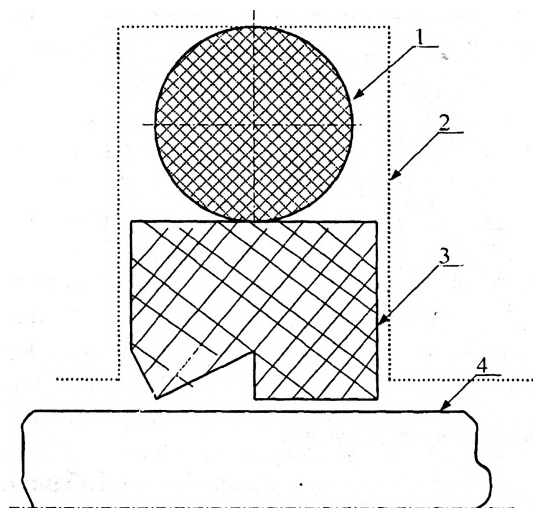


Рис. 1. Принципиальный вид комбинированного резино-пластмассового уплотнения штока. 1 — резиновое кольцо, 2 — посадочная канавка штоковой втулки, 3 — фторопластовое уплотнение, 4 — шток

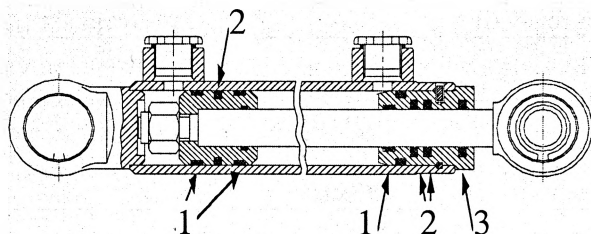


Рис. 2. Общий вид гидроцилиндра. Обозначения: 1 — опорные кольца, 2 — комбинированные уплотнения, 3 — грязесъемник

Рабочая жидкость из бака 1 подавалась насосом 2 к распределителю 4 гидроблока ГБ. Предохранительный клапан 3 использовался для защиты насоса от перегрузок. В нейтральном положении распределителя 4 рабочая жидкость поступала на слив в бак. При включении электромагнита У1 или У2 распределителя 4 рабочая жидкость подавалась соответственно в поршневую или штоковую полость испытуемого гидроцилиндра 6, который через коромысло 8 связан с нагрузочным гидроцилиндром 7. Для создания нагрузки на гидроцилиндре 7 и, соответственно на испытуемом гидроцилиндре 6 служат дроссели с обратным клапаном 9 (1) и 9 (2).

Контроль за величиной давления в полостях испытуемого гидроцилиндра проводился по манометрам 5 (1) и 5 (2). Для охлаждения рабочей жидкости в стенде использовался теплообменник 10. Результаты стендовых испытаний показали, что использование комплекта уплотнений не просто обеспечивает выполнение требований КД, но и позволяет значительно превзойти их по всем показателям, при этом утечки рабочей жидкости не наблюдались в пределах всего цикла испытаний.

При разработке технологии изготовления комплектов и организации их опытно-промышленного производства ставилась задача сокращения числа операций по механической доработке деталей комплекта, что было достигнуто опытно-технологическими исследованиями по повышению точности литья опорно-направляющих колец, обеспечивших получение деталей в размер. В конструкцию собственно уплотнений и грязесъемника также были внесены изменения, позволившие за счет сглаживания их профиля свести к минимуму механическую доработку получаемых заготовок и одновременно минимизировать потери материала. Последнее немаловажно с учетом высокой стоимости фторопласта и трудностями его рециклинга. Выпущенная в рамках выполнения задания установочная партия комплектов уплотнений была подвергнута приемочным испытаниям, результаты которых приведены в таблице.

В результате внесения изменений в конструкцию уплотнений технические характеристики гидроцилиндра в сравнении с характеристиками экспериментального образца несколько изменились: уменьшились потери мощности на страгивание и ход, но одновременно появились незначительные утечки рабочей жидкости. Низкие потери на трение связаны с высокими антифрикционными характеристиками разработанного фторопластового композита в сравнении с резинами, характеристики которых заложены в требования КД. Отметим, что величина утечек через штоковое уплотнение превосходит требование КД не менее чем на порядок, а также превосходит требования герметичности по классу А ГОСТ 16514 (наиболее жесткие) в 4,5 раза; при этом на начальном этапе испытаний (61,3 тысяч циклов) утечки полностью отсутствовали, а после их появления и до окончания испытаний роста утечек не было отмечено.

На основании результатов приемочных испытаний комплекта уплотнений принято решение об его внедрении в производство на РУП ГЗСМ «ПО «Гомсельмаш» и заключен договор на поставку комплектов уплотнений для гидроцилиндров под программу выпуска машин в 2004 году.

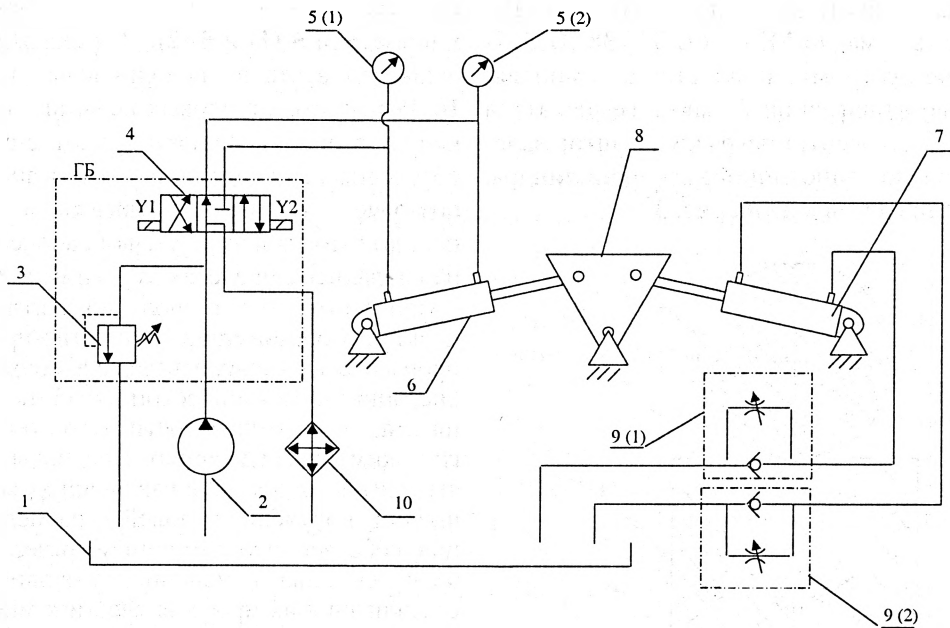


Рис. 3. Принципиальная схема испытательного стенда

Таблица

Показатель	Гидроцилиндр КИЛ 0118760		
	Поршневая полость	Штоковая полость	Требования КД
Давление срагивания, МПа (кГс/см <sup>2</sup> )	0,08 (0,8)	0,1 (0,1)	1,0 (10) max
Давление холостого хода, МПа (кГс/см <sup>2</sup> )	0,02 (0,2)	0,04 (0,4)	0,5 (5) max
Внутренние утечки	отсутствуют	-	отсутствуют
Утечки через штоковое уплотнение см <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>			0,05
До 61,3 тысяч циклов		отсут.	
После 61,3 тысяч циклов		0,9x10 <sup>-4</sup>	
После 120,1 тыс. циклов		0,7x10 <sup>-4</sup>	
* Утечки для класса А (ГОСТ 16514)		*3x10 <sup>-3</sup>	

УДК 539.3:621.982.5:629.839.1:621.825.54

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ПРАВКА ДИСКОВ СЦЕПЛЕНИЯ И ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ

Канд. техн. наук В.Е. Антошук  
Институт механики и надежности машин НАН Беларуси

В процессе изготовления большинство деталей могут деформироваться от усилий резания, от усилий зажима, от перепада температур, от структурных изменений и т.д. Для исключения этих явлений применяются различные виды правки деталей и снятия остаточных напряжений.

Наиболее распространенным методом правки является деформирование статической нагрузкой в направлении, противоположном возникшему искажению. По характеру нагружения эти процессы относятся к статическим, так как нагружение при обычной правке происходит за один или несколько циклов. Однако с большим рассеянием механических и физических свойств материалов этот способ правки не обеспечивает требуемых результатов. Недостатком этого метода является также то, что при деформировании при пластическом изгибе создаются остаточные напряжения, благодаря которым спустя некоторое время правленая деталь снова приобретает прежнюю форму.

Более эффективной является правка при многократном знакопеременном пластическом изгибе. Этот метод используется в роликовых правильных машинах, применяемых для правки листового и сортового проката. Отмечено положительное влияние многократного пластического деформирования при правке, причем особенно подчеркивается положительный эффект знакопеременного деформирования. Дальнейшим развитием этого метода является комбинированная правка знакопеременным изгибом с дополнительным растяжением. Этот метод правки получил более широкое применение в области производства листового и сортового проката и ограниченное применение при правке отдельных деталей.

Известны методы термической правки при фиксации детали в штампе в нагретом состоянии с длительным охлаждением в штампе. Известны методы правки с использованием ультразвука, радиоактивного облучения, однако эти методы в производственной практике широкого распространения не получили.

В массовом производстве за рубежом получили применение установки для правки с многократным приложением знакопеременных нагрузок [1]. Описано применение этих установок для правки деталей типа тонкостенных колец, длинных сплошных и пустотелых валов, полуосей и балок передней подвески легковых и грузовых автомобилей, валов и торсионов, орудийных стволов, деталей самолетов и реактивных двигателей, деталей из хрупких материалов. Во всех случаях отмечается высокая эффективность этого метода правки, при которой достигается высокая точность независимо от исходной погрешности, уменьшение внутренних напряжений, стабильность геометрической формы деталей при последующей обработке, сокращение операций термической обработки, увеличение сро-

ка службы деталей. Вместе с тем в имеющейся информации об этом методе правки и о применяемых установках полностью отсутствует информация о характеристиках нагружения. Однако можно с уверенностью считать, что процесс нагружения является знакопеременным, с изменяющейся амплитудой напряжений, а по числу циклов нагружения является динамическим.

Можно сделать вывод о том, что в зарубежных производствах динамическая правка получила широкое применение для различных деталей и что наши машиностроители пока не заметили широкого применения за рубежом методов динамической правки.

Мы пришли к применению динамической правки своим путем и пока динамическая правка получила ограниченное применение. В Минском проектно-конструкторском технологическом институте с 1975 по 1991 гг. было создано и внедрено 45 различных установок для динамической правки для дисков сцепления и фрикционных дисков, однако в дальнейшем эти работы были прекращены. В настоящее время в Институте механики и надежности машин НАН Беларуси разработано теоретическое обоснование методов динамической правки, что позволяет надеяться на возможности распространения динамической правки и на другие типы деталей (торсионные и коленчатые валы, дисковые пилы и т.п.).

**Диски сцепления (ДС)** (рис. 1) являются ответственной деталью тракторов и комбайнов, однако их долговечность не в полной мере соответствует сегодняшнему уровню требований. До 20 % отказов приходится на муфты сцепления, из них до 60% составляют выходы из строя ДС. Замена ДС вызывает простой комбайна или трактора не менее 3 часов. Долговечность и соответственно износостойкость ДС в значительной степени зависит от его первоначального биения и коробления. Повышенное коробление рабочих поверхностей ДС приводит к возникновению зон повышенного удельного давления, перегреву и соответственно к ускоренному изнашиванию фрикционных накладок, а повышенное биение рабочих поверхностей приводит к неравномерному распределению удельного давления на поверхности пар трения, что также приводит к ускоренному износу [2].

Для обеспечения хорошей работы ДС в муфте сцепления необходимо обеспечить отклонение от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных накладок не более 0,5 мм и биение рабочих поверхностей *A* и *B* фрикционных накладок отно-

сительно оси шлицевого отверстия ступицы на более 0,85...0,90 мм.

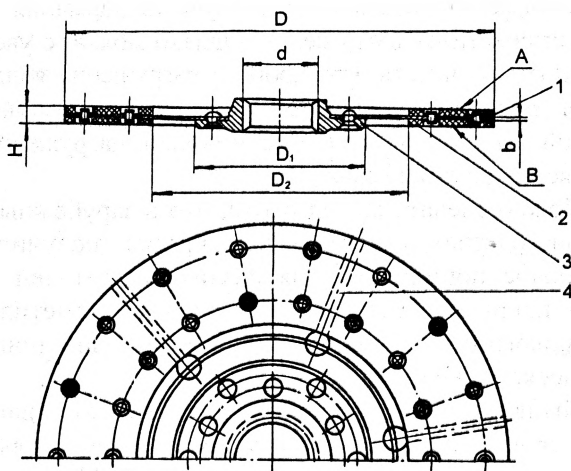


Рис.1. Диск сцепления: 1-плотно диска, 2-фрикционная накладка, 3-ступица, 4-паз

Традиционная технология изготовления ДС включает операции вырубki диска из стального листа, терморихтовки или термообработки дисков, сборки диска с фрикционными накладками и со ступицей на заклепках, ручной рихтовки ДС. Однако требования по точности рабочих поверхностей не выполнялись на большинстве заводоизготовителях ДС. Фактическое отклонение от плоскостности составляло от 0,5 мм до 1,7 мм, биение от 1 мм до 2,5...3 мм.

Для устранения этих недостатков при изготовлении ДС был разработан и применен способ динамической правки [3]. Принципиальная схема способа динамической правки представлена рис. 2. По этой схеме ступица ДС поворачивается на угол  $\varphi$ , в результате чего в полотне диска возникают две симметричные зоны нагружения. Затем ступица диска приводится во вращение с уменьшением угла  $\varphi$  от максимального до нуля. Две симметричные зоны нагружения совершают круговое движение по полотну диска, в результате чего в полотне ДС возникают знакопеременные симметричные напряжения, изменяющиеся в течение цикла правки. Поворот ступицы диска относительно оси позволяет создать эти напряжения в полотне диска, а вращение — сделать эти напряжения циклическими. Величина нагрузки и количество циклов нагружения осуществляются по определенному закону.

Для количественной оценки влияния улучшения качества изготовления дисков сцепления на межремонтный ресурс были проведены стендовые и полевые испытания серийных и опытных ДС, про-

шедших динамическую правку. Эксплуатационные испытания показали, что в условиях рядовой эксплуатации муфты сцепления с правленными ДС имеют среднюю наработку на отказ на 31 % выше, чем муфты сцепления с серийными ДС.

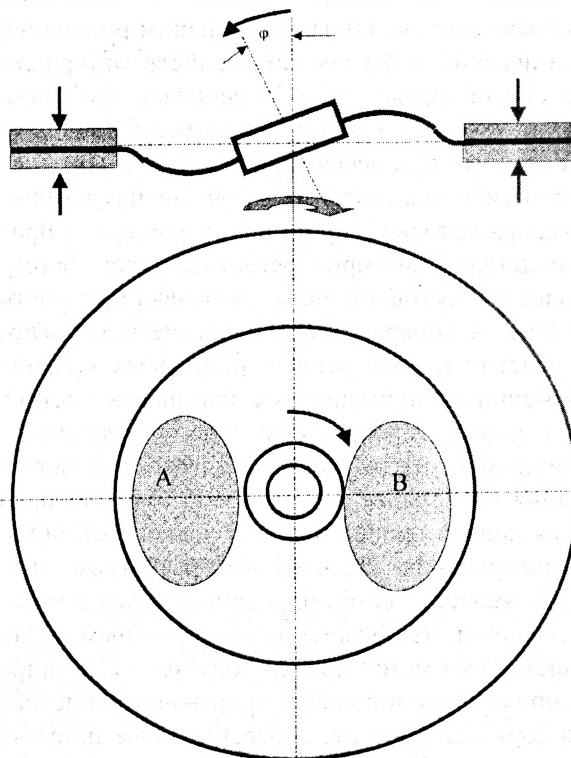


Рис. 2. Схема способа динамической правки дисков сцепления (а.с.529872)

Динамическая правка при производстве ДС внедрена в течение 1975 – 1988 годов на Ровенском заводе тракторных запчастей, Чебоксарском агрегатном заводе, Харьковском заводе тракторных самоходных шасси, Алтайском моторостроительном производственном объединении, Владимирском тракторном заводе, предприятия «Антон Иванов» НРБ, 7 предприятиях Госкомсельхозтехники. Всего было внедрено в производство 26 установок для динамической правки ДС, на которых ежегодно проходили динамическую правку 1 млн 792 тысячи дисков. В табл. 1 приведены результаты применения динамической правки для дисков сцепления.

**Фрикционные диски (ФД)** применяются в гидро-механических передачах тяжелых грузовых автомобилей и тракторов, бортовых фрикционах гусеничных машин, тормозных устройствах и т.д. ФД (рис. 3) обычно изготавливается из легированных сталей, в большинстве случаев рабочие поверхности *A* и *B* шлифуются, а отклонение от плоскостности рабочих поверхностей должна быть не более 0,10...0,20 мм.

Таблица 1

Основные параметры дисков сцепления и результаты применения динамической правки

Применяемость дисков сцепления	Параметры диска, мм				Материал полотно диска	Погрешность рабочей поверхности, мм			
	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	bb		До правки		После правки	
						Отклонение от плоскостности	Биение	Отклонение от плоскостности	Биение
ДТ-75, Т-74	340	136	210	2	Сталь 45	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
СК-4, СК-5	350	126	210	2	Сталь 45	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
ДТ-75М, Т-4	350	126	210	2	Сталь 45	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
ДТ-54, ДТ-55	352	127	204	2	Сталь 45	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
ДТ-75, Т-74	340	136	210	2	Сталь 50	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
Т-130	445	215	240	2,4	Сталь 45	До 2,0	До 3,2	0,4...0,6	0,6...0,9
Т-16М	220	126	150	2	Сталь 40	До 1,5	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
Т-25А	275	110	172	2	Сталь 45	До 1,5	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
ЮМЗ-6А/6М	316	137	156	2	65Г	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8
ЮМЗ-6Л/6М	316	121	156	2	65Г	До 1,7	До 2,5	0,4...0,5	0,6...0,8

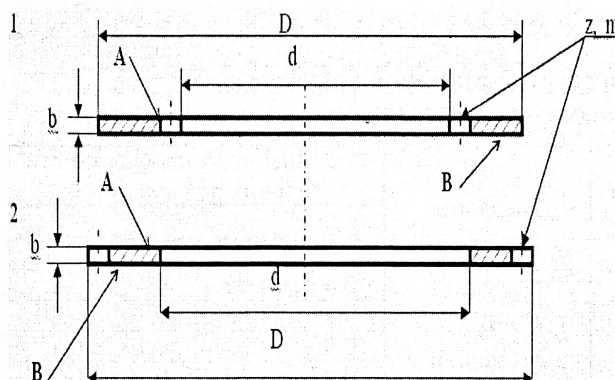


Рис. 3. Геометрические параметры фрикционных дисков: 1 — с внутренним зубчатым венцом, 2 — с наружным зубчатым венцом

Однако в действительности отклонение от плоскостности рабочих поверхностей достигает 0,5...0,8 мм. Повышенное отклонение от плоскостности рабочих поверхностей приводит к сокращению срока службы, а также к нечеткому включению и выключению бортового фрикциона и передач [2].

Технологический процесс изготовления фрикционных дисков включает операции вырубki на прессе или кислородно-лазерную резку, термopравку в электропечи в пакете по 80...120 шт. при температуре 650<sup>0</sup>С в течение 5...6 часов с последующим охлаждением пакета на воздухе, токарную обработку, закалку с высоким отпускoм, черновое шлифование рабочих поверхностей, токарную обработку наружного и внутреннего диаметра, нарезание зубьев наружных или внутренних, термофиксацию в пакете по 40...50

шт. при температуре 450<sup>0</sup>С в течение 4...5 часов с последующим охлаждением пакета на воздухе, чистовое шлифование рабочих поверхностей, рихтовку вручную молотком на плите.

Однако, несмотря на довольно сложный технологический процесс, требуемая точность изготовления по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей не обеспечивается и в результате значительная часть дисков не укладываются в требуемый допуск 0,15...0,20 мм.

Для устранения повышенного отклонения от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных дисков был разработана и применена динамическая правка [5]. Схема импульсной правки фрикционных дисков представлена на рис. 4.

Диск 2 располагается между радиально расположенными верхними 1 и нижними 3 роликами. Верхние ролики перемещаются вниз и нагружают диск, который приводится во вращение. Величина нагрузки и количество циклов нагружения изменяются по определенному закону. В результате такого нагружения в фрикционном диске значительно улучшается плоскостность рабочей поверхности, снимаются внутренние остаточные напряжения, фрикционный диск сохраняет длительное время достигнутую точность. Динамическая правка не требует проведения каких либо измерений дисков до правки. Правке могут подвергаться диски с любой исходной погрешностью. В конечном результате все диски, прошедшие динамическую правку, будут иметь высокую одинаковую точность по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей.

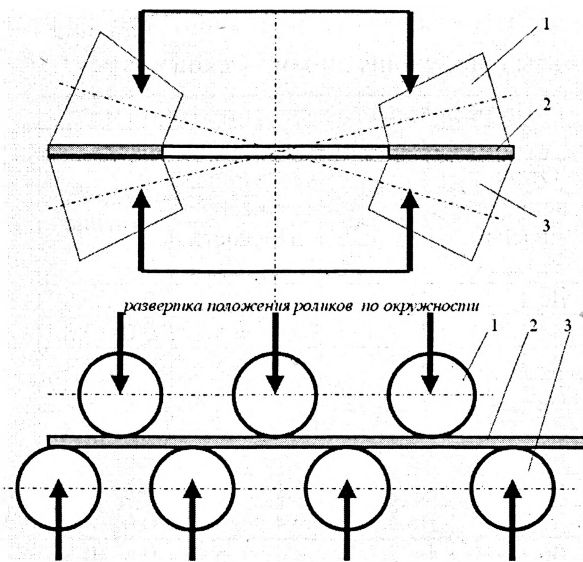


Рис.4. Схема динамической правки фрикционных дисков

среднее значение коробления дисков с металло-керамикой составляло 0,17 мм для правленных и 0,30 мм для неправленных. Использование фрикционных дисков, подвергнутых динамической правке, приводит к повышению работоспособности бортового фрикциона или передачи в целом за счет снижения коробления фрикционных дисков в процессе эксплуатации.

Динамическая правка в течение 1981 – 1991 гг. внедрена на Орловском заводе шестерен при изготовлении фрикционных дисков тракторов Т-54, Т-100, Т-100М, Т-130, на Волгоградском тракторном заводе, а также ряде других заводов, которые изготавливали фрикционные диски бортовых фрикционов гусеничных машин. Всего было внедрено 19 установок, на которых в год подвергались динамической правке более 2 млн фрикционных дисков. В табл. 2 приведены достигнутые результаты по точности фрикционных дисков.

Таблица 2

Достигнутые результаты по отклонению от плоскостности рабочих поверхностей фрикционных дисков после динамической правки

Тип зубчатого венца	Параметры диска, мм					Материал диска	Твердость	Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей	
	D	d	b	m	z			До правки	После правки
Наружный	386	292	2,4	3,25	117	Сталь 45	В состоянии поставки	0,45 ... 1,95	0,10 ... 0,25
Внутренний	368	295	2,4	3,25	86	Сталь 45		0,47 ... 1,85	0,10 .. 0,30
Наружный	386	292	2,4	3,25	117	Сталь 45		0,45 ... 1,95	0,10 ... 0,15
Внутренний	368	295	2,4	3,25	86	Сталь 45		0,47 ... 1,85	0,10 .. 0,25
Наружный	297	205	2	3,25	89	Сталь 45		0,70 ... 3,85	0,08 .. 0,20
Внутренний	273	182	2,4	3,25	58	Сталь 45		0,45 .. 2,10	0,08 .. 0,20
Наружный	373	311	3,8	3	123	Сталь 85	28...35 HRCэ	0,20 ... 1,70	0,05 ... 0,15
Внутренний	358	295	3,8	3	100	Сталь 85	28...35 HRCэ	0,20 .. 1,70	0,05 .. 0,15
Наружный	304	248	2	3	100	65Г	30...42 HRCэ	0,20 .. 1,15	0,05 .. 0,15
Внутренний	292	235	2	3	80	65Г	30...42 HRCэ	0,20 .. 1,15	0,05 .. 0,15
Наружный	373	311	5	3	123	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,23 .. 0,55	0,07 .. 0,15
Внутренний	358	295	5	3	100	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	373	311	3,2	3	123	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,20 .. 0,85	0,05 .. 0,13
Внутренний	358	295	3,2	3	100	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	507	449	4	3	168	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,30 .. 1,80	0,05 .. 0,15
Наружный	417	359	3,5	3	138	30 ХГСА	28...35 HRCэ	0,20 .. 1,00	0,05 .. 0,15
Наружный	390	334	3,5	4	96	65Г	269...341 НВ	0,20 ... 1,70	0,05 ... 0,15
Внутренний	374	317	3,5	4	81	65Г	269...341 НВ	0,20 .. 1,70	0,05 .. 0,15

С целью проверки влияния динамической правки на качество фрикционных дисков были проведены стендовые испытания. В результате проведенных испытаний были сделаны выводы о том, что правленные диски имеют значительное преимущество по сравнению с неправленными по величине коробления, среднее значение коробления для правленных стальных дисков составляло 0,30 мм, для неправленных — 0,40 мм, соответственно

Применение динамической правки фрикционных дисков представляет несомненный интерес для ряда предприятий, использующих гидромеханические передачи с фрикционными дисками. в первую очередь для таких предприятий Беларуси. как Белорусский автомобильный завод, Минский тракторный завод, АМКОДОР и Минский завод колесных тягачей.

Можно с уверенностью говорить, что достигну-



тое повышение точности фрикционных дисков и дисков сцепления после динамической правки позволяет рекомендовать динамическую правку как наиболее современный, эффективный и дешевый процесс достижения требуемой точности для различных деталей, имеющих нежесткую конструкцию и использующих различные способы статической правки. Необходимо также отметить, что улучшение качества деталей за счет динамической правки невозможно получить за ту же стоимость затрат при применении других методов и во многих случаях вообще невозможно другими методами добиться того улучшения качества деталей, которое достигается за счет динамической правки.

*Литература*

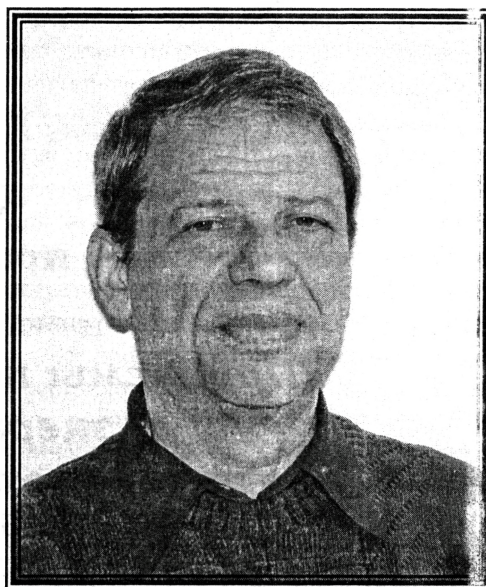
1. Ракошиц Г.С., Кузьминцов В.Н. Машинная правка проката, поковок и деталей. - М.: Высшая школа, 1983.
2. Барский И.Б., Борисов С.Г., Галягин В.А. и др. Сцепления транспортных и тяговых машин. - М.: Машиностроение, 1989.
3. Антонюк В.Е., Игудесман Р.Е., Самосейко А.П., Курцман В.Ш., Лозинский В.Ю. Способ правки деталей типа дисков. А. с. № 529872.
4. Тарасик В.П. Фрикционные муфты автомобильных гидромеханических передач. - Мн.: Наука и техника, 1973.
5. Антонюк В.Е., Игудесман Р.Е., Самосейко А.П., Сосонкин А.Г. Способ правки кольцевых дисков. А. с. № 1792763.

## БРОНЕЖИЛЕТЫ ВСЕХ УРОВНЕЙ ЗАЩИТЫ (Памяти Дымовского А.С.)

По постановлению директивных органов СССР в 80-90-х годах Физико-техническому институту НАН Б было поручено разработать принципиально новые градиентные материалы на основе высокопрочных титановых сплавов, защищающих от автоматического стрелкового оружия (автомат АКМ, АК-74, М-16). Базируясь на многолетних фундаментальных исследованиях, в институте был разработан новый технологический процесс, спроектирована и изготовлена серия оригинальных высокопроизводительных установок для изготовления защитных элементов. В соответствии с решением Госплана СССР на площадях института было организовано массовое производство броневых титановых элементов для принципиально новых конструкций бронезилетов. За период с 1983 по 1992 год было обработано около 2000 тонн титанового листа, изготовлено около 4 млн. защитных элементов, позволивших изготовить около 300 тыс. бронезилетов для оснащения Вооруженных сил и органов правопорядка. Приказом Министра обороны СССР № 273 от 11.11.1985 года бронезилеты, оснащенные титановыми защитными элементами, были приняты на вооружение, широко применялись в Афганистане и в настоящее время являются основными защитными средствами армий стран СНГ. За комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке технологических процессов и оборудования для серийного производства бронезилетов в 1988 году присуждена Государственная премия БССР. За пять последних лет по заказу МВД, Службы безопасности и др. организаций Республики выпущено более 5000 изделий на общую сумму около одного миллиона долларов США. Экономия валютных средств составила не менее 400 тыс. у.е.

Большая роль в практической реализации всех этих работ принадлежит лидеру и организатору, руководителю УП «Техномаг» Александру Семеновичу Дымовскому, которого безвременная смерть вырвала из наших рядов.

Редакция журнала «Инженер-механик» выражает соболезнование семье покойного, его друзьям и коллегам.



**ДЫМОВСКИЙ**  
Александр Семенович



Редколлегия журнала  
**«ИНЖЕНЕР-МЕХАНИК»**  
и ООО «БОИМ»  
поздравляет читателей,  
авторов и сотрудников  
с Новым годом!  
Желаем Вам  
крепкого здоровья,  
счастья, успехов,  
побольше улыбок и смеха!

---

## ОО «БОИМ»

провело семинары

в октябре-ноябре 2004 г.

**«Проблемы повышения безопасности  
и энергоэффективности  
теплотехнического хозяйства»**

**в городах Бобруйске, Гродно и Гомеле**

Центральное правление Общественного объединения «Белорусское общество инженеров-механиков» выражает благодарность руководителям Бобруйского ОАО «Фан-ДОК», ОАО «Гродненский завод автомобильных агрегатов», Гомельского учреждения образования «Гомельучцентрстрой», а также руководителям и специалистам Проматомнадзора, Департамента государственной инспекции труда за участие и оказанное содействие в проведении семинаров.

**и 16 декабря 2004 г. в г. Бресте**

3 декабря 2004 г.

**«Проблемы повышения промышленной  
безопасности опасных производственных  
объектов»**

**в г. Минске**

---

# ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ

*Бурмако А.Н., доцент кафедры эксплуатации и экспертизы грузоподъемных сооружений Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала БНТУ*

Современная социально - экономическая ситуация в Беларуси и в системе образования такова, что традиционные формы получения образования и модели обучения не могут удовлетворить потребностей в образовательных услугах, обычно сконцентрированных в больших городах.

Основой любой образовательной среды было и остается самообразование. Известно, что научить нельзя, можно только научиться. Достоинства и недостатки любой формы образования, таких как дневное, вечернее и заочное обучение можно оценить в сравнении. Появление и активное распространение дистанционного обучения (ДО) являются адекватным откликом систем образования многих стран на происходящие в мире процессы движения к информационному обществу. В Америке, Европе создаются ассоциации университетов, предоставляющие широкий спектр дистанционных образовательных услуг. Становление ДО как новой и эффективной технологии в сфере образования находится в России и ряде стран СНГ на стадии интенсивного развития.

Существует ряд подходов к определению термина «дистанционное образование». В Концепции создания и развития единой системы дистанционного образования России, принятой Государственным комитетом Российской Федерации по высшему образованию 31 мая 1995г., дано на наш взгляд, одно из самых удачных определений этого понятия: «Под дистанционным образованием понимается комплекс образовательных услуг, предоставляемых широким слоям населения в стране и за рубежом с помощью специализированной информационно-образовательной среды на любом расстоянии от образовательного учреждения. Информационно-образовательная среда дистанционного образования представляет собой системно организованную совокупность средств передачи данных, информационных ресурсов, протоколов взаимодействия, аппаратно-программного и организационно-методического обеспе-

чения, ориентированную на удовлетворение образовательных потребностей населения».

В соответствии с принципами реинжиниринга (инноваций) процессов, основные изменения в учебно-педагогических процессах в технических университетах, происходящие в результате применения передовых информационных и коммуникационных технологий (в первую очередь, это сетевые и интеллектуальные технологии), носят следующий характер:

- глобализация образовательных процессов, растущая доступность лучших образовательных ресурсов для все более широких масс, развитие средств дистанционного образования, стирание границ между очным и заочным образованием;
- реинтеграция (деспециализация) или горизонтальное сжатие процессов (объединение близких учебных курсов или программ с последующим модульным построением курсов, распространение междисциплинарных курсов, связывающих воедино «различные измерения» предметной области);
- вертикальное сжатие процессов (кафедры получают большую самостоятельность при определении содержания, форм и методов подготовки специалистов; происходит минимизация согласований с вышестоящими органами по этим вопросам, наблюдается более тесная взаимосвязь общенаучных и специальных дисциплин);
- совмещенная разработка процессов деятельности студентов и преподавателей, компьютеризированное управление циклами подготовки и переподготовки технических кадров, запараллеливание процессов приобретения знаний, навыков и умений в ходе подготовки студентов;
- кооперативное проектирование карьеры будущих выпускников;
- преобладание смешанных децентрализованно/централизованных процессов контроля и управления обучением;
- развитие и поощрение процессов самообразования и самоподготовки студентов с использованием

новейших информационных и коммуникационных технологий, включая работу в открытых, виртуальных и интеллектуальных учебных средах.

Перспективы развития ДО связаны, несомненно, с совершенствованием компьютеризации и информатизации системы образования. За ними видится смена педагогической парадигмы, переход к принципиально новому типу обучения – учению – посредством организации более эффективной познавательной деятельности обучаемых. Применение современных компьютерных и мультимедийных технологий знаменует собой смену парадигмальной рациональности в образовании на деятельную.

Современный этап развития дидактики наряду с разработкой новых технологий и форм обучения требует их интеграции с уже известными, что позволяет создавать «полифонические» дидактические системы. Преимущество таких систем перед «монофоническими» заключается в том, что они аккумулируют в себе достоинства интегрируемых теорий и образуют целостность, позволяющую выходить на новый качественный уровень решения педагогических задач.

Некоторыми учреждениями образования проводится работа по формированию профессиональной компетентности инженеров на основе технологии проблемно-модульного содержания обучения, интегрирующей достижения теории проблемного обучения, концепции стандартизации знаний и модульного обучения в условиях непрерывного образования и взаимосвязи среднего профессионального и высшего инженерного.

Применение проблемно-модульной технологии при дистанционном обучении позволит:

- интегрировать и дифференцировать содержание обучения путем группировки учебных модулей, обеспечивающих разработку курсов в полном, сокращенном и углубленном вариантах;
- осуществлять самостоятельный выбор обучающимися того либо иного варианта курса в зависимости от уровня обученности и обеспечить индивидуальный темп продвижения по программе;
- использовать проблемные модули в качестве сценариев для создания педагогических программных средств;
- обеспечить на более высоком уровне консультационно-координирующую функцию педагога по управлению познавательной деятельностью обучающихся;
- в системе непрерывного обучения сократить курс обучения с сохранением глубины и полноты усвоения учебного материала по специальности.

Принципы построения проблемно-модульной технологии обучения – содержательная компактность и структурно-логическая последовательность, проблемность, вариативность и знаково-графическая наглядность, полностью соответствуют принципам дистанционной формы обучения. Именно поэтому можно надеяться на эффективность использования данной технологии при дистанционном обучении.

Также представляется возможность значительно расширить спектр средств обучения.

В традиционном учебном процессе такими средствами являются: печатные учебники, учебно-методические пособия, справочники, дискеты с учебной информацией, записи на доске, плакаты, кинофильмы, видеофильмы, а также преподаватель. При получении дистанционного образования средства обучения значительно шире и, кроме традиционных, включают такие, как:

- учебные электронные издания;
- компьютерные обучающие системы;
- аудио- видео учебные материалы и др.

Электронные издания учебного назначения, обладая всеми особенностями изданий, имеют ряд положительных отличий и преимуществ. В частности компактность хранения в памяти компьютера или на дискете, гипертексте возможности. мобильность, тиражируемость, возможность оперативного изменений и дополнений, удобство пересылки по электронной почте. Это автоматизированная обучающая система, которая включает в себя дидактические, методические и информационно-справочные материалы по учебной дисциплине, а также программное обеспечение, которое позволяет комплексно использования. самостоятельного получения и контроля знаний. Компьютерные обучающие системы — программные средства учебного назначения, которые широко используются в образовательном процессе ДО и позволяют:

- индивидуализировать подход и дифференцировать процесс обучения;
- контролировать обучаемого с диагностикой ошибок и обратной связью;
- обеспечить самоконтроль и само коррекцию учебно- познавательной деятельности;
- сократить время обучения за счет трудоемких вычислений на компьютере;
- продемонстрировать визуальную учебную информацию;
- моделировать и имитировать процессы и явления;
- проводить лабораторные работы, эксперимен-

ты и опыты в условиях виртуальной реальности;

- прививать умение в принятии оптимальных решений;
- повысить интерес к процессу обучения, используя игровые ситуации;
- передать культуру познания и др.

Компьютерное средство обучения, включает в себя различного рода информацию и сеть компьютеров, соединенных каналами связи. Глобальная сеть INTERNET является интегральным средством, широко используемым в ДО. Аудио и видео учебные материалы - записываются на магнитные носители, видеокассеты, и могут быть представлены обучаемому с помощью магнитофона, видеомагнитофона или лазерных компакт-дисков CD-ROM.

Универсальность и доступность этой системы обучения позволяет рассчитывать на существенный интерес к этому виду образования и в нашей стране.

Развитие системы ДО в республике должно учитывать достижения как современной отечественной, так и зарубежной педагогики, расширять и распространять область их, применения и аудиторию, благодаря современным информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ).

Важной предпосылкой развития системы ДО в Республике Беларусь явилось создание национальной телекоммуникационной сети министерства образования UNIBEL, корпоративной сети БГУ, а также сети Национальной академии наук BASNet с доступом к ресурсам Интернет.

Определенные шаги в развитии и внедрении дистанционных технологий в учебный процесс сделаны в ряде учреждений образования, организаций и учреждений Республики Беларусь: Академии управления при Президенте Республики Беларусь, БГУ, БГУИР, БГЭУ, БИТУ, Национальной академии наук и др., где накоплен большой научно-методический, кадровый и производственный потенциал, информационные ресурсы и технологии.

При этом главными целями создания и развития системы ДО в Республике Беларусь является наиболее полное обеспечение потребностей и прав граждан на получение образования, предоставление широким кругам населения равных образовательных возможностей, а также повышение уровня образования за счет более активного использования научного и образовательного потенциала на основе современных ИКТ.

Для решения поставленных целей необходимо решить следующие основные задачи:

- обосновать принципы организации и функционирования единой системы ДО и разработать ее нормативно-правовое обеспечение;
- разработать психолого-педагогические основы ДО;
- разработать учебно-методическое, информационно-коммуникационное, материально-техническое, кадровое и экономико-финансовое обеспечение;
- организовать дистанционное обучение по различным направлениям подготовки и переподготовки кадров, а также применение дистанционных технологий для всех форм получения образования (очной, заочной и т.д.);
- создать специализированные информационно-образовательные среды и курсы ДО для всех уровней образования и различных социальных групп населения;
- разработать и реализовать средства ДО и их сопровождение;
- создать возможности профессионального общения научных и педагогических кадров;
- обеспечить равноправие всех учебных заведений в учебной, административной, маркетинговой и другой деятельности;

В республике должна быть создана система дистанционного обучения на основе принципов непрерывности, интеграции, глобализации, самодостаточности, взаимовыгодности, децентрализации и демократизма.

Создание и развитие дистанционного обучения позволит повысить эффективность и доступность образования за счет активного использования научных и педагогических возможностей учреждений образования и обеспечить образовательными услугами потенциальных потребителей.

Необходимо также отметить, что количество студентов и слушателей, способных и желающих обучаться по дистанционным технологиям, уже сейчас довольно велико и постоянно возрастает.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ

*Зуев А.Б., член-корр. Белорусской инженерной Академии*

С расширением использования в конструкциях современных автомобилей гидро-пневматических систем возрастает потребность в трубопроводах. В топливных системах, где требуется повышенная плотность соединений, обусловленная низкой вязкостью моторных топлив и масел, нашли применение плоско-контактные уплотнительные устройства типа «банжо» (рис 1). Однако производи-

тельность труда при их изготовлении значительно ниже, чем у других типов соединений. Существующая технология предусматривает получение заготовки штуцера-угольника методом точного литья. По данным Минского тракторного завода, например, она включает 27 операций и переходов с использованием дефицитных вспомогательных материалов. Заготовка проходит ряд механических операций, в том числе шлифование плоскостей сопряжения, а затем с помощью пайки или сварки соединяется с отрезками трубопровода. Как известно, операции сварки или пайки требуют дорогостоящих материалов, таких как припой, ацетилен, кислород, а главное сопряжены с вредными для здоровья работающих выделениями. В целом трудоемкость сливного трубопровода от форсунок тракторного двигателя Д-50 и Д-240 составляла 0,108 нормо-часа. Лимитирующей операцией техпроцесса являлась газовая пайка, так как производительность труда одного газосварщика не превышала 400 трубопроводов в смену. Кроме этого, наблюдается большой отход в брак по причине некачественной пайки.

На Минском моторном заводе внедрён техпро-

цесс изготовления литых трубопроводов от форсунок для двигателей Д-50 и Д-240. Он заключается в том, что штуцеры-угольники получаются путем заливки в прессформе армированных трубок (рис. 2). Для более полного использования мощности машины для литья под давлением и повышения выхода годного литья одновременно отливаются два трубопровода. Симметричное располо-

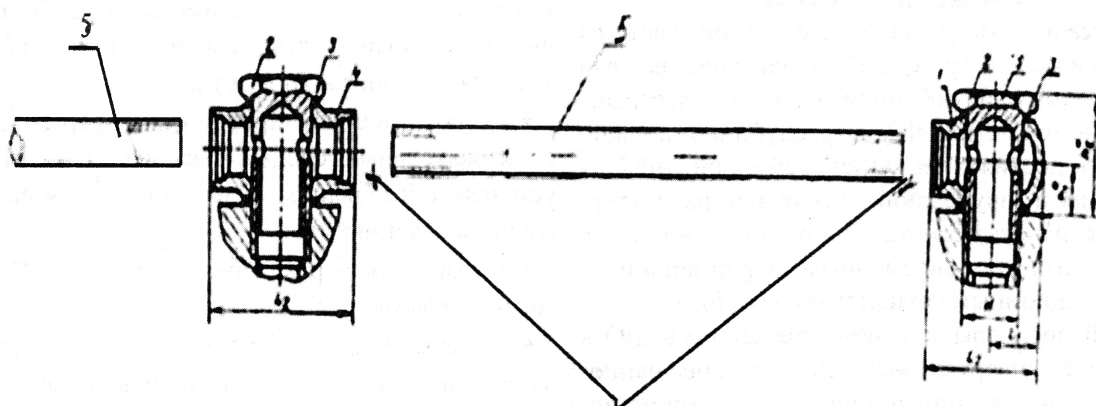


Рис. 1. 1 — поворотное соединение; 2 — болты; 3 — прокладки; 4 — штуцеры-угольники; 5 — стыки

тельность труда при их изготовлении значительно ниже, чем у других типов соединений. Существующая технология предусматривает получение заготовки штуцера-угольника методом точного литья. По данным Минского тракторного завода, например, она включает 27 операций и переходов с использованием дефицитных вспомогательных материалов. Заготовка проходит ряд механических операций, в том числе шлифование плоскостей сопряжения, а затем с помощью пайки или сварки соединяется с отрезками трубопровода. Как известно, операции сварки или пайки требуют дорогостоящих материалов, таких как припой, ацетилен, кислород, а главное сопряжены с вредными для здоровья работающих выделениями. В целом трудоемкость сливного трубопровода от форсунок тракторного двигателя Д-50 и Д-240 составляла 0,108 нормо-часа. Лимитирующей операцией техпроцесса являлась газовая пайка, так как производительность труда одного газосварщика не превышала 400 трубопроводов в смену. Кроме этого, наблюдается большой отход в брак по причине некачественной пайки.

На Минском моторном заводе внедрён техпро-

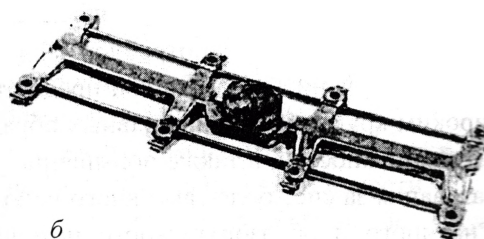
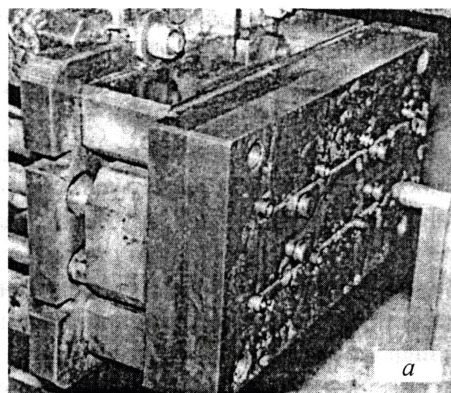


Рис. 2. а — прессформа; б — литейный комплекс

жение отливок, способствует однородности заливаемых угольников и равномерной

грузке запорного механизма литейной машины. Тела угольников оформляются во вставках из легированной стали 3Х2В8, установленных в неподвижной и подвижной половинах прессформы. Для установки арматуры (трубок) в прессформе предусмотрены приёмные вилки, у которых нижний стержень длиннее верхнего, что дает возможность более удобно устанавливать арматуру в прессформу. Плоскости уплотнения оформляются со стороны неподвижной половины стержнями, а подвижной — толкательными втулками.

Такая конструкция дает возможность перешлифовывать рабочие поверхности стержней и толкателей при появлении на них сетки разгара и использовать неоднократно. Хорошая заполняемость угольников и высокая плотность отливок достигается при использовании удельного давления в камере прессования уже при  $550 \text{ кг/см}^2$ .

Отлитый комплект передается литейщиком на штамп обрубного пресса (рис. 3), работающего от гидроустановки литейной машины. В момент прессования очередного комплекта рабочий шток пресса прижимает верхней матрицей штампа литейный комплект, уложенный на штырях нижней матрицы и прошивает его, отделяя трубки от литниковой системы и облоя.

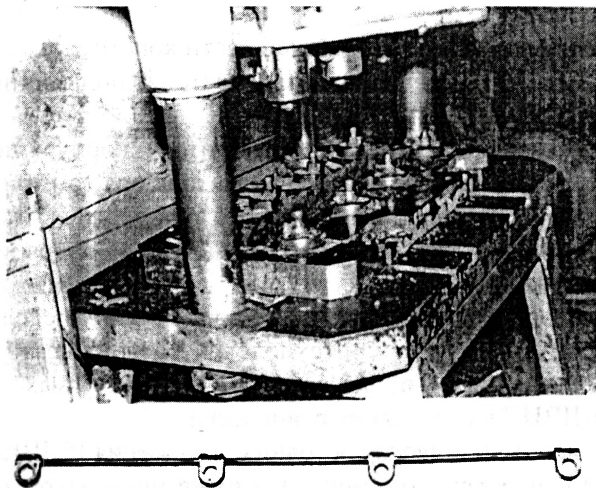


Рис. 3. Трубка после обрубного штампа

Спаренная работа прессформы и обрубного штампа позволяет ликвидировать промежуточные операции перевозки комплектов к месту обрубки и обратно литников на плавильный участок. Кроме этого, отпадает необходимость в организации дополнительного рабочего места в цехе, оснащения его отдельным прессом с независимой силовой установкой.

Отлитые трубопроводы передаются в механический цех для сверления канала, соединяющего

внутренние полости угольника и трубы (рис. 4). Эта операция производится на сверлильном станке. Расстояние между угольниками в литом состоянии несколько больше, чем расстояние между форсунками. Это необходимо для образования компенсационных изгибов на трубке, которые получаются на гибочном пневмоприспособлении. Оно имеет неподвижную статику с конфигурацией, соответствующей изгибу трубки. Под действием пневмоцилиндра подвижная половина плавно изгибает трубопровод до нужной конфигурации. В зависимости от установки трубки в приспособлении, можно получить межцентровые расстояния, соответствующие расположению форсунок на двигателе Д-50 или Д-240.

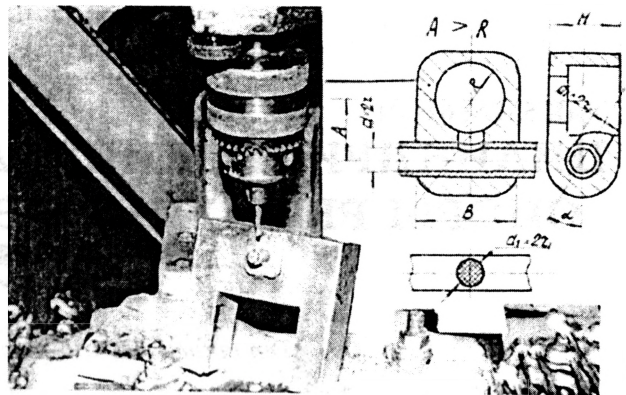


Рис. 4. Сверление канала

Заготовка трубок производится на отрубном штампе, установленном на кривошипном прессе. При этом угол заточки зубил штампа выбран таким образом, что вначале происходит плотное сплющивание трубки во избежание попадания внутрь её расплавленного металла, находящегося под высоким давлением, а затем разделение отрезков. Для более качественного сцепления металла угольника с трубкой, последняя в местах заливки накатывается с помощью специальных роликов. Внедрение нового техпроцесса позволило сократить численность рабочих, расход режущего инструмента, загрузку и затраты, связанные с обслуживанием металлорежущего оборудования. Повышается качество герметизации трубопроводов. Данный техпроцесс может быть широко использован при изготовлении трубопроводов, двигателей, автомобилей и тракторов.

Укрупненная технологическая схема изготовления сливного трубопровода от форсунок тракторного двигателя Д-240 представлена таблицей.

Трудоемкость нового трубопровода сокращена вдвое. Повысилось качество изделия, улучшились условия труда.

Таблица

Традиционная	Внедренная на ММЗ
1. Изготовление восковой модели;	1. Рубка-сплющивание торцов трубки;
2. Изготовление стальной отливки;	2. Накатка поясов под заливку;
3. Выбивка формы;	3. Установка трубки в прессформу;
4. Разделка литейного комплекта (отделение отливки от литников);	4. Заливка прессформы для литья под давлением алюминия;
5. Сверление 6-ти сквозных отверстий;	5. Отделение литников и системы облоя на обрубном штампе;

6. Шлифовка 8-и плоскостей;	6. Сверление 4-х отверстий;
7. Отрезка 3-х трубок;	7. Гибка трубки;
8. Гибка 3-х трубок;	
9. Пайка 3-х трубок;	
Итого: 27 операций или переходов	Итого: 12 операций или переходов

*Литература*

1. Авторское свидетельство СССР № 356957.
  2. Авторское свидетельство СССР № 900045.
  3. Патент США №4.110.894.
  4. Патент Англии № 1521875.
  5. Патент Франции № 2387716.
- Лицензия Пакистана по контракту № 1935.

УДК 531.8; 621.01

## ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ШАРНИР — НОВАЯ ТОЧКА ОПОРЫ РЫЧАЖНЫХ ВЕСОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*С. Е. Тепляков, ведущий инженер ОАО «Белгорхимпром»*

Известные двуплечие рычажно-шарнирные весоизмерительные системы (РШВИС), описанные в [1], [2] используют в качестве точки опоры РШВИС призматическо-подушечные шарниры (ППШ).

Широко применяемые в промышленности и повседневной жизни РШВИС, использующие ППШ (см. п. 3.6.1.2.5. в [2]), обладают главным недостатком, заключающемся в том, что требуют (см. «Весы» и «Взвешивание» в [1]) присутствия человека при выполнении операций взвешивания, т.к. из-за своего конструктивного состава они не позволяют автоматически осуществлять вывод информации о выходе РШВИС из состояния равновесия и о необходимом последующем приведении ее в равновесное состояние.

Автор предлагает использовать в качестве точки опоры весоизмерительной системы цилиндрический шарнир (ЦШ), описанный в [1] (здесь см. рис. 1, рис. 2, рис. 3).

Первый шип цапфы цилиндрического шарнира (ЦШ) жестко крепится к корымыслу РШВИС (см. рис. 2) или к плечу 2 взвешиваемой массы (см. рис. 3). Точка пересечения взаимно перпендикулярных продольных осей коромысла и цап-

фы располагается в средней части коромысла.

Шейка ЦШ 1а устанавливается в подшипник скольжения или качения 1б.

Подшипник ЦШ жестко крепится к корпусу переносного весоизмерительного прибора (см. рис. 2) или к корпусу неподвижного технологического объекта, в котором осуществляется операция взвешивания (см. рис. 3).

Второй шип ЦШ 1в выводится за пределы корпуса прибора или технологического объекта и используется в качестве фиксатора выхода РШВИС из состояния равновесия.

Для устойчивого состояния равновесия РШВИС ее центр тяжести смещается ниже местонахождения центра (оси) вращения ЦШ за счет тупоугольного расположения плеч 2 и 3 в РШВИС.

При необходимости ЦШ может устанавливаться на двух подшипниках по + - образной компоновке РШВИС.

*Литература*

1. Большая советская энциклопедия. Москва. Издательство «Советская энциклопедия». 1970 - 1978 гг.
2. Справочник «Измерения в промышленности». Кн. 2. Москва. «Металлургия». 1990.



Условные обозначения на рисунках:

1 — точка опоры (цилиндрический шарнир), 1а — цапфа, 1в — фиксатор выхода РШВИС из равновесия; 2 — плечо взвешиваемой массы; 3 — плечо уравновешивающего груза; 4 — нить подвеса; 5 — перемещаемый уравновешивающий груз; 6 — чаша весов; 7 — взвешиваемая масса.

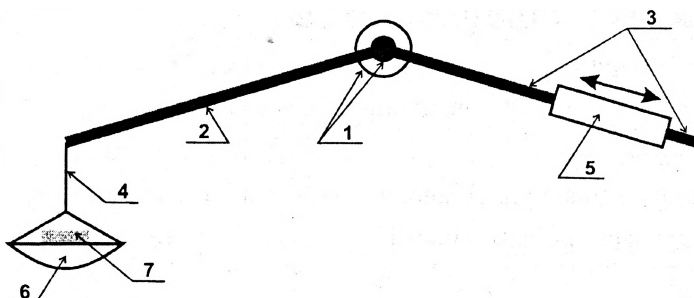


Рис. 1. Фронтальный вид РШВИС

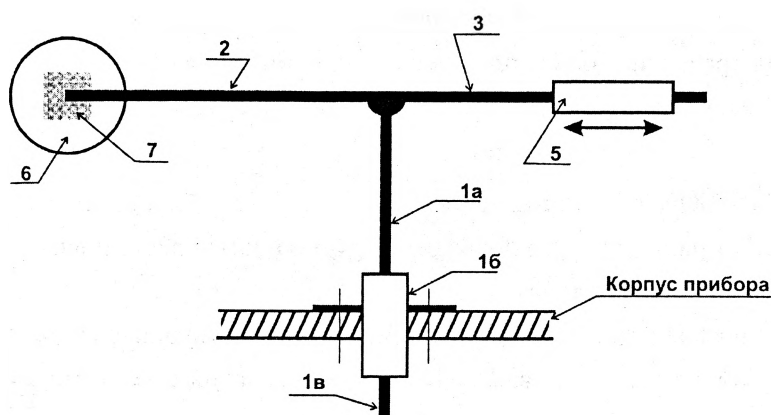


Рис. 2. Вид РШВИС (Т-образная компоновка) в плане для весоизмерительного прибора

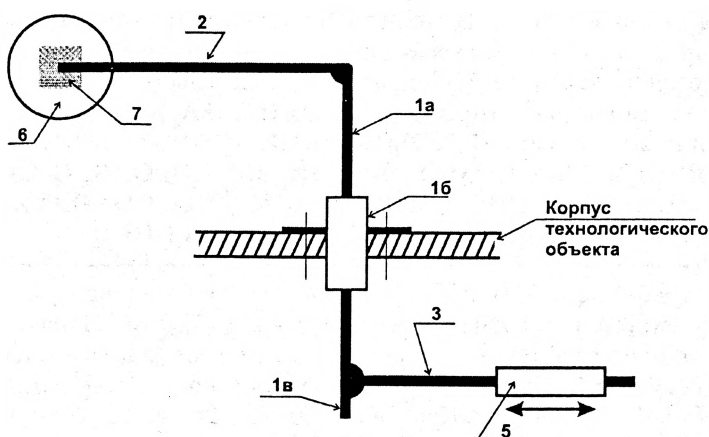


Рис. 3. Вид РШВИС (Z-образная компоновка) в плане для технологического объекта взвешивания

**К 60-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ**

Незабываемое .....	1
Линьков Григорий Матвеевич .....	2
Война в тылу врага .....	2

**ЮБИЛЕИ**

МНИПИ — 50 лет .....	6
----------------------	---

**РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ**

От «Тунгуски» к «Панцирю» .....	8
О состоянии и путях развития инновационной деятельности в Республике Беларусь .....	11
Новые технологии нанесения упрочняющих покрытий из импульсных потоков катодно-дуговой плазмы и промышленные генераторы импульсной плазмы .....	20
Тенденции развития систем подрессоривания колесных тракторов .....	27
Разработка и внедрение комплектов подвижных уплотнений для гидро- цилиндров сельскохозяйственной техники ПО «Гомсельмаш» .....	31
Динамическая правка дисков сцепления и фрикционных дисков .....	34
Бронежилеты всех уровней защиты (памяти Дымовского А.С.) .....	39

**СЕМИНАРЫ**

Сообщения ОО «БОИМ» .....	40
Внедрение информационных технологий в системе подготовки и повы- шения квалификации специалистов .....	41
Повышение производительности труда при изготовлении трубопроводов .....	44
Цилиндрический шарнир — новая точка опоры рычажных весоизме- рительных систем .....	46

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

Учредитель — Белорусское общество инженеров-механиков

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

Главный редактор академик НАН Б С.А. АСТАПЧИК

Редакционная коллегия: М.С. ВЫСОЦКИЙ, Ю.М. ЗАХАРИК, А.Б. ЗУЕВ,  
С.М. КРАСНЕВСКИЙ, М.М. КОМАРОВСКИЙ, Д.И. КОРОЛЬКОВ, Г.С. ЛЯГУШЕВ,  
Е.И. МЕДВЕЦКИЙ, М.Г. МЕЛЕШКО, И.А. СОЛОДУХА,  
К.Г. ЧЕСНОВИЦКИЙ, В.А. ШУРИНОВ

Компьютерный набор, верстка, дизайн Ходарина Л.П.

Журнал выходит на русском и белорусском языках.

Мнение авторов публикуемых материалов может не совпадать с мнением редакции.

Заказчики несут ответственность за содержание своих объявлений и рекламы.

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

Лицензия ЛП № 02330/0133131 от 30.04.2004 г. Подписано к печати 03.01.2005 г.

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

Тираж 600 экз. Заказ № 3. Цена номера договорная.

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

**Нина Грачева**

**\*\*\***

**Я для тебя готова умирать  
Хоть каждый день  
и снова жить на свете.  
И на высоком пламени -- сгорать,  
И петь, и не мечтать зимой о лете.**

**Я для тебя готова быть в плену  
Иллюзий горьких и всегда готова  
Любить твоих детей, твою жену,  
Твое любое ветреное слово,**

**Готова бед своих -- не замечать,  
Терпеть жару, морозы или слякоть.  
И даже о любви к тебе -- молчать,  
И даже улыбаться и не плакать.**

**Галина Гампер**

**\*\*\***

**Еще бы раз в жизни --  
влюбиться.**

**Еще бы раз в жизни --  
родиться.**

**Ни зависти нету,  
ни злобы.**

**А просто -- еще бы,  
еще бы.**



# ОАО МНИПИ



# 50 лет



Шуклин  
Константин Сергеевич

