

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Г.Ф. БЕТЕНЯ, к.т.н., профессор; А.В. КРИВЦОВ, аспирант (БГАТУ)

Почворежущие детали подвергаются абразивному изнашиванию – одному из самых интенсивных видов механического разрушения. Из-за износа изменяются первоначальные размеры и форма их режущей части, нарушается работоспособность и функциональные качества [1, 2]. С работоспособностью этих изделий связаны расход дизельного топлива, качество выполняемого технологического процесса обработки почвы, затраты на производство механизированных работ в растениеводстве.

Основными параметрами, характеризующими функциональные свойства почворежущих деталей, являются: ресурс; прочность; способность к заглублению; тяговое сопротивление перемещению в почвенном слое; сохраняемость остроты лезвия и воспроизведение геометрии так называемого стабилизированного почворежущего профиля на протяжении всего периода эксплуатации. Они взаимосвязаны и являются решающими при оценке технического уровня и работоспособности почворежущих деталей.

Ресурс почворежущих деталей в основном предопределяется износостойкостью их рабочей части. Детали, работающие в абразивной среде, должны иметь максимально воз-

можную твердость на поверхности трения (60 HRC₃ и более) и обладать прочностью не менее 1500...2000 МПа. О положительном эффекте повышения абразивной износостойкости стальных образцов путем придания поверхности трения более высоких значений твердости свидетельствуют следующие данные (табл. 1).

Аналогично стали 65Г увеличивается коэффициент относительной абразивной износостойкости для стали Л53 с ростом твердости поверхности трения. Однако данные свойства не реализуются на практике из-за хрупкости этих сталей при повышенной твердости. При применении стали Л 53 (для лемехов) рекомендовано [1] применять высокочастотную или объемную закалку на твердость 44,5...48,5 HRC₃. При использовании стали 65Г (для лемехов и долот) рекомендуется объемная закалка с последующим отпуском на твердость 39,5...43,5 HRC₃, или высокочастотная закалка только лезвийной части изделия на твердость 44,5...49 HRC₃. При таком состоянии материала изделий, согласно данным табл. 1, недоиспользуется (примерно на 50 %) основной показатель надежности – износостойкость.

Оценивая технический уровень и ресурс лемехов и долот плугов, можно заключить, что освоенные в

производстве изделия не удовлетворяют предъявляемым требованиям по качеству. Лемехи и долота плугов серийного производства имеют фактическую наработку до предельного состояния в 1,5...3 раза меньше заданной по нормативу. Около 40% отказов плугов приходится на почворежущие детали (лемехи, долота, сменные грудины отвала и полевые доски) [3]. Попытки освоения изготовления лемехов и долот предприятиями, с конъюнктурных позиций, не имеющими достаточной технической базы и специалистов, приводит к выпуску некачественной продукции и ее несоответствию предъявляемым требованиям. Результатами использования некачественных почворежущих деталей является снижение агротехнических и экономических показателей машинно-тракторных почвообрабатывающих агрегатов.

Сложившаяся практика конструирования и производства почворежущих деталей свидетельствует, что даже в условиях налаженного производства в первую очередь уделяется внимание обеспечению функциональных качеств, затем их прочности, а повышение износостойкости и ресурса деталей остаются вопросами третьестепенными.

Как следует из опубликованных работ [3, 4], результаты исследований работоспособности деталей, работающих в абразивной среде, показывают, что вопросы физики и механики абразивного изнашивания лемешного лезвия – с одной стороны, и вопросы, связанные с расходом энергоносителей, качеством вспашки, ресурсом лемехов, трудозатратами на ремонт и техническое обслуживание

1. Изменение коэффициента относительной износостойкости, (ε) образцов из стали 65Г в зависимости от твердости поверхности

Материал	Состояние материала и твердость, HRC ₃	Численное значение ε
Сталь 45	Отожженная, 143...149 HB	1,0
Сталь 65Г	Нормализация	1,1
Сталь 65Г	Закалка, отпуск, 35...44 HRC ₃	1,2...1,5
Сталь 65Г	Закалка, отпуск, 38...51 HRC ₃	1,2...1,8
Сталь 65Г	Закалка, отпуск, 48...55 HRC ₃	1,7...2,1
Сталь 65Г	Изотермическая закалка, 53...58 HRC ₃	3,0...3,3

плугов - с другой, связаны воедино. Важность этих выводов имеет исключительную практическую значимость, так как на долю лемеха приходится примерно 40% общих затрат энергии на вспашку. Они составляют 50...60% сопротивлений рабочей поверхности корпуса плуга. В этой связи знание законов изнашивания лезвийной части лемехов и долот в почве, изменения формы и остроты лезвия являются основанием для сокращения затрат на самую энергоемкую операцию в земледелии - почвообработку.

Вспашка ведется различных почв: торфяно-болотных, глинистых, суглинистых, песчаных, супесчаных и почв, засоренных гравелистыми частицами. Условия работы и изнашивание деталей рабочих органов тракторных плугов подробно освещены в энциклопедическом издании [1]. Здесь следует отметить одну из отличительных особенностей обрабатываемых почв - их изнашивающую способность. Производители и поставщики сменных запасных частей к рабочим органам почвообрабатывающих машин не учитывают в настоящее время различные почвы и не обеспечивают потребителей почворезущих деталей с учетом зональных особенностей почвообработки. Материал и свойства деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин должны быть адекватны изнашивающей способности обрабатываемых почв. Наибольшей изнашивающей способностью обладают супесчаные и песчаные почвы с гравелистыми частицами. Установлено [3], что если для глинистых почв коэффициент изнашивающей способности принять за единицу, то для песчаных - 1,5, суглинистых - 1,9, супесчаных - 2,3, песчаных и супесчаных с гравелистыми частицами - 3,1. Очевидно, что детали, работоспособность и ресурс которых, положительно оценивается на глинистых почвах, окажется совершенно неприемлемым для эксплуатации на песчаных и супесчаных почвах с гравелистыми частицами.

Критерии оценки работоспособности лемеха и долота плуга характерны и для других почворезущих

деталей.

В работе лемеха и долота и им подобным деталям рабочих органов особо важная роль принадлежит почворезущему профилю и его лезвию, образуемому пересечением лицевой и тыльной поверхностей. Формообразование лезвий - одна из сложных проблем при производстве почворезущих деталей.

Установлено [2], что минимуму значений тягового сопротивления тракторного плуга отвечают условия, когда толщина кромки лезвия лемеха и долота не превышает 2,2 мм.

Получение заданной геометрии и размеров лезвий почворезущего профиля в заводской практике достигается применением отдельных технологий. К их числу относятся: технология горячей (923...973 К) вальцовки; обработка на вальцековочных станах; фрезерование; кузнечнаяковка; литье и др. способы.

Отличительной особенностью работы лезвия лемеха и долота является уплотнение (сгруживание) лежащей впереди его почвы, тогда как для остальной части поверхности корпуса сгруживание почвы недопустимо. Лезвие лемеха участвует в образовании ядра - создает для этого предпосылки и защищает дно борозды. Поэтому лезвие изнашивается с нижней стороны быстрее, чем с верхней (рис. 1).

Установлено, что исходный профиль режущей части лемехов с передней заточкой и углом установки на корпусе плуга в вертикальной плоскости около 30° при косом (скользящем) резании перезатачивается. Причем изменение исходного профиля детали не зависит от конструкции (монометалл или биметалл), а также от почвенно-природных условий эксплуатации. Оно сопровождается образованием затылочной фаски, ширина и угол наклона которой к дну борозды являются основными критериями оценки работоспособности почворезущих деталей.

По мере затупления лезвийной части, как свидетельствуют многочисленные исследования [2, 3, 4, 5], увеличивается тяговое сопротивление плуга на 20...60% и более, в зависимости от износа лезвия, типа почвы и ее твердости, ухудшаются условия его заглужения в почву и ход плуга становится неустойчивым.

Предельным состоянием почворезущих деталей принято считать такое их состояние, когда при последующей эксплуатации не будет выполняться хотя бы одно из предъявляемых требований (экономических, агротехнических или начало износа крепежных деталей) (рис. 2).

Изменение исходного почворе-

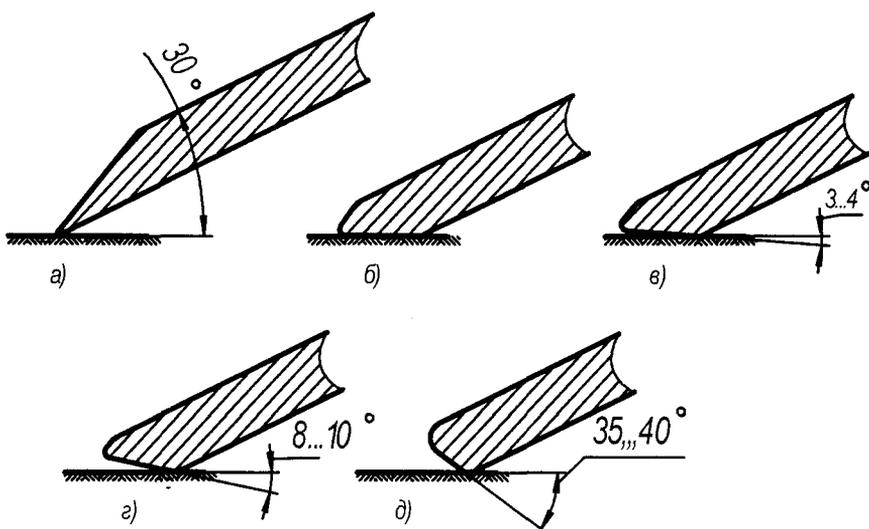


Рис. 1. Профили монометаллических лемехов после обработки: а - исходный профиль; б - песчаных и супесчаных почв; в - легкого суглинка; г - суглинистых почв; д - глинистых почв.

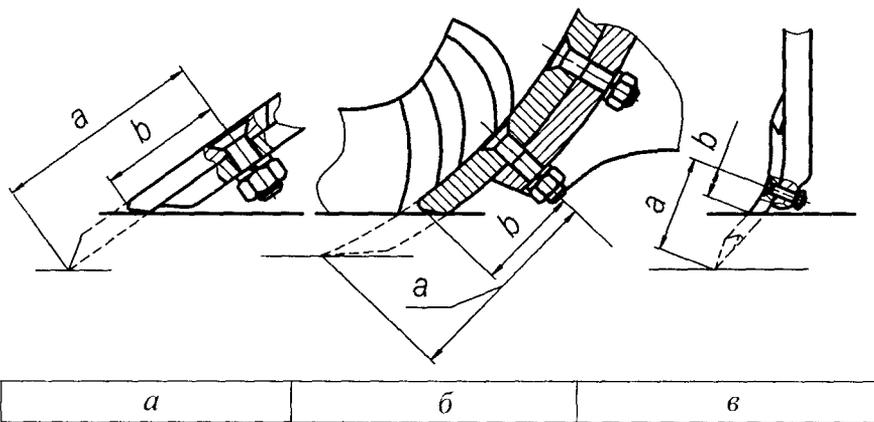


Рис. 2. Схема к определению предельного состояния по линейному износу лемехов (а), долот (б), оборотных рыхлительных чизельных лап (в): а – длина почворезущего профиля в исходном состоянии; б – длина почворезущего профиля при предельном состоянии.

жущего профиля в процессе эксплуатации, сопровождающееся образованием затылочной фаски, следует считать как неизбежное явление. В этой связи ширину затылочной фаски, а также угол наклона фаски к дну борозды с достаточной обоснованностью можно отнести к числу основных критериев оценки работоспособности почворезущих профилей лемехов и долот.

По ширине и углу наклона затылочной фаски к дну борозды можно оценивать качество и энергетические показатели почвообработки. Размеры затылочной фаски и угол ее наклона к дну борозды являются причиной выглубления плуга. Это происходит из-за увеличения объема почвы, деформируемой площадкой линейного износа (фаской) и возрастания направленной вверх вертикальной реакции почвы на затылочную фаску. В эксплуатационных условиях наблюдается явление, когда сила тяжести плуга и вертикальная составляющая реакции почвы на корпус плуга, способствующие его заглублению, оказываются недостаточными, чтобы преодолеть сопротивление почвы разрушению [1,2]. Для различных почв, с учетом их агрегатного состояния, при одних и тех же параметрах почворезущего профиля обеспечивается разная глубина вспашки.

Угол наклона и конфигурация затылочной фаски на лемехах и долотах зависит от условий работы, типа почв и их агрегатного состояния [1,

2, 8, 9]. На рис. 3 представлен по данным [4] график, зависимости угла наклона (γ) затылочной фаски к дну борозды от интенсивности изнашивания (I) лемешного лезвия на почвах разного типа (глинистых и песчаных).

Установлено, что чем выше твердость почвы, тем больше угол наклона затылочной фаски к дну борозды [1, 2]. При ширине затылочной фаски 12...13 мм и более плос-

кость ее имеет отрицательный угол к дну борозды, что вызывает резкое повышение тягового сопротивления плуга и нарушает его устойчивость по глубине хода.

При ширине затылочной фаски менее 10 мм тяговое сопротивление плуга увеличивается незначительно, так как плоскость расположения фаски либо параллельна, либо имеет малый (до $3...5^\circ$) угол наклона к дну борозды.

Минимальное значение угла наклона затылочной фаски к дну борозды соответствует работе плугов на песчаных и супесчаных почвах. Численное значение его не превышает $5...10^\circ$. Считается, что на этих почвах допустима большая ширина затылочной фаски (более 10 мм), чем на тяжелых и сухих суглинистых и глинистых почвах.

Влияние угла наклона затылочной фаски лемеха на тяговое и удельное сопротивление плуга графически представлено на рис. 4 и 5 по данным [6].

Как видно из графика (рис. 4), с увеличением угла наклона затылочной фаски тяговое сопротивление

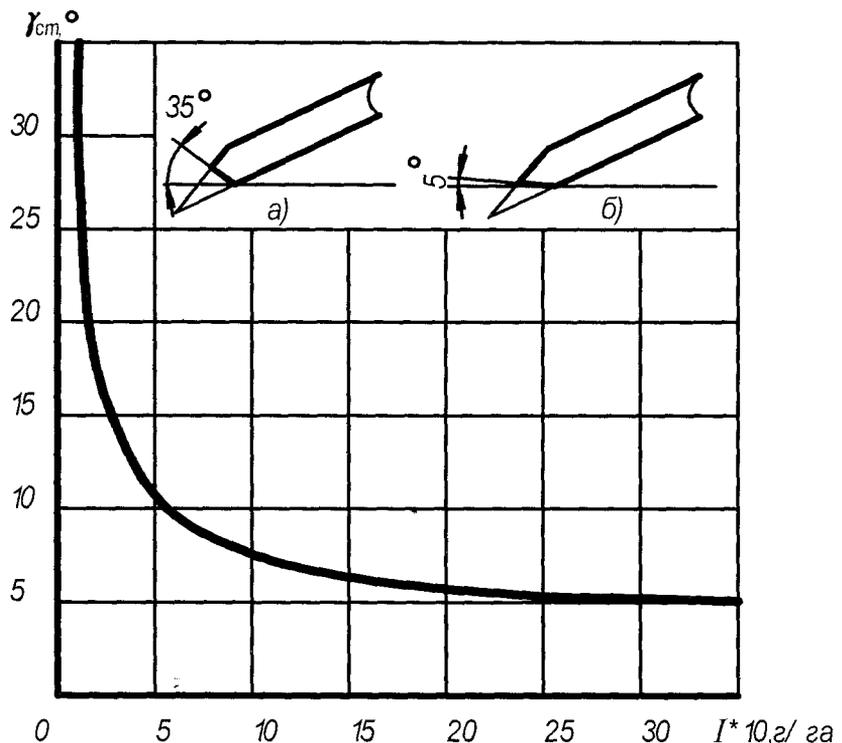


Рис. 3. Зависимость угла наклона затылочной фаски к дну борозды от интенсивности изнашивания на почвах различного типа (по данным [4]): сверху схема изнашивания лезвия на глинистых (а) и песчаных (б) почвах.

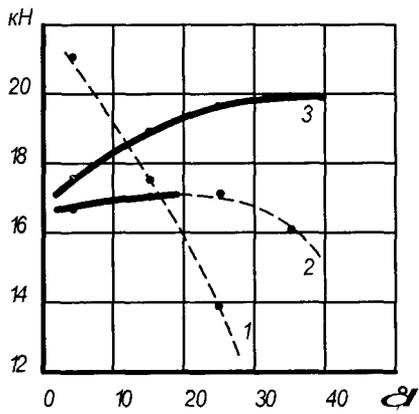


Рис. 4. Влияние угла наклона затылочной фаски на тяговое сопротивление (по данным [6]): 1 – оподзоленный тяжелосуглинистый чернозем, твердость 5,2-5,6 МПа, влажность 7,5-9,5 %; 2 – то же, 3,6-3,8 МПа, 13-15 %, 3 – дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, 2,2-2,5 МПа, 20-23%.

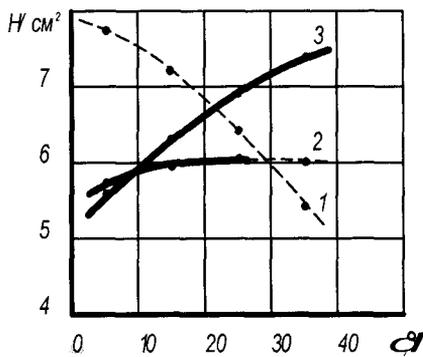


Рис. 5. Влияние угла наклона затылочной фаски на удельное тяговое сопротивление. Обозначения те же, что и на рис. 4 (по данным [6]).

плуга на вспашке почв низкой твердости возрастает, а на вспашке почв высокой твердости снижается. На вспашке почв средней твердости с увеличением угла наклона площадки износа лемеха сопротивление плуга сначала несколько возрастает, а затем снижается. Соответствующим образом изменяется и удельное сопротивление почвы (рис. 5) при использовании лемехов с различными углами наклона затылочной фаски.

На почвах средней твердости значение угла наклона площадки износа до 25° не оказывает влияния на глубину пахоты, что соответствует возрастающему участку кривой 2. Дальнейшее его увеличение снижа-

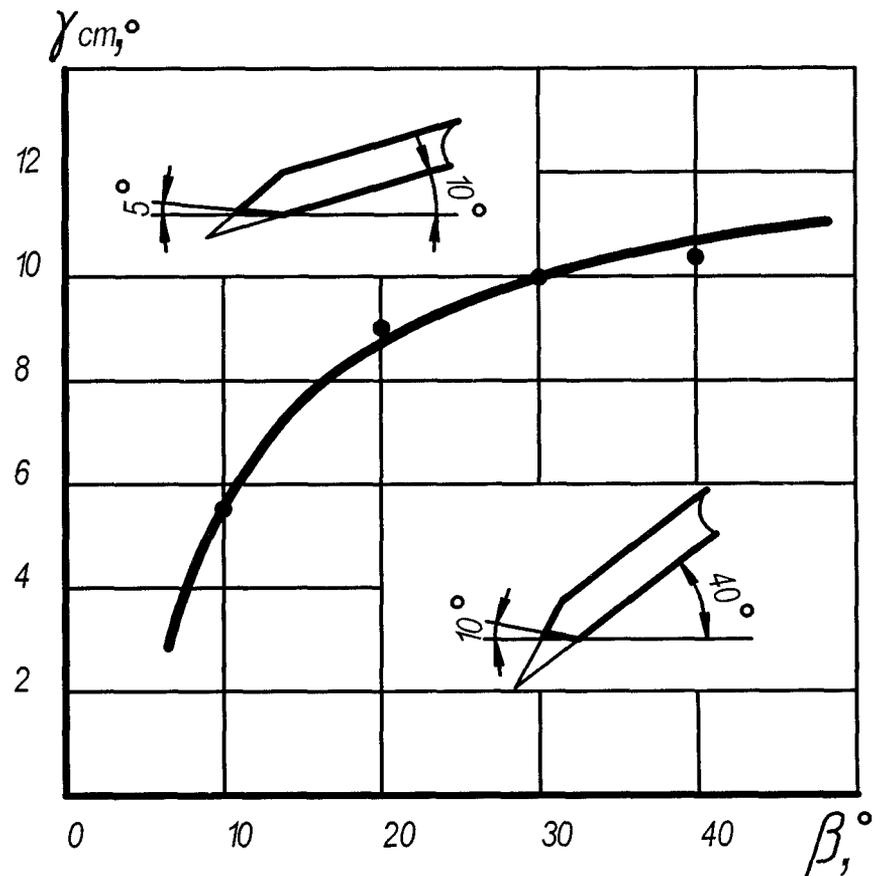


Рис. 6. Динамика изменения ширины затылочной фаски в зависимости от угла ее наклона к дну борозды (по данным [4]): сверху слева – схема изнашивания лезвия при $\beta = 10^\circ$, внизу справа – при $\beta = 40^\circ$.

ет глубину пахоты, а, следовательно, и уменьшает тяговое и пахотное сопротивление плуга (кривая 1 на рис. 4 и 5).

Динамика изменения (увеличения) ширины затылочной фаски в зависимости от угла ее наклона к дну борозды представлена на рис. 6.

Опыт и результаты производства деталей с биметаллическим почворезущим профилем рабочих органов сельскохозяйственной техники подробно изложены в трудах [1, 2]. В лабораторных и эксплуатационных условиях испытаны многочисленные варианты биметаллических почворезущих профилей. Для их получения апробированы двухслойный прокат (сталь 50 + сталь Х6Ф1), контактное плакирование износостойкой лентой из стали Р9 и Х6ФВ, ручная газовая и дуговая, плазменная, дуговая точечная и индукционная наплавки, СВС-процесс.

Ограниченное применение в

производственных условиях того или иного способа получения биметаллического почворезущего профиля происходило из-за отсутствия высокопроизводительной технологии. Поэтому в условиях массового производства удалось лишь организовать выпуск лемехов с применением индукционной наплавки, как наиболее производительной по сравнению с перечисленными способами. Индукционной наплавке подвергалась нижняя поверхность почворезущего профиля лемеха [2].

Технология индукционной наплавки достаточно широко применяется на предприятиях Украины и России [2]. В зарубежной практике индукционная наплавка почворезущих деталей не получила распространения [1].

Изнашивание двухслойного почворезущего профиля, наплавленного с тыльной или с лицевой стороны, при правильном выборе толщины и

соотношения твердости основного и износостойкого материалов, характеризуется устойчивым воспроизведением острой работоспособной режущей кромки [2]. Установлены четыре основных условия самозатачивания, которые по заключению [2] являются обязательными для самых разнообразных почворезущих деталей.

Согласно первому условию, предельная толщина затупленной режущей кромки лемеха или долота не должна превышать 2,2 мм. Это обуславливается необходимостью нормального протекания технологического процесса почвообработки.

Второе условие самозатачивания регламентирует толщину несущего слоя (основного металла). В соответствии с этим условием толщина основного металла в двухслойном или трехслойном почворезущем профиле должна быть минимально возможной, обеспечивающей необходимое повышение прочности твердого сплава. В случае достаточной прочности твердого износостойкого слоя, несущий слой может вовсе отсутствовать и однородное лезвие толщиной не более 2,2 мм может нормально выполнять технологические функции.

Соотношение твердостей износостойкого и несущего слоев почворезущего профиля регламентируется третьим условием самозатачивания двухслойного периметра, учитывающим абразивные свойства почвы. Согласно этому условию твердость износостойкого сплава должна превышать этот показатель основного металла в 1,2...1,8 раза.

Для выполнения четвертого условия самозатачивания, упрочнению, как правило, должна подлежать менее изнашиваемая грань почворезущего профиля. В качестве такой грани принято считать тыльную поверхность почворезущего профиля.

Отличительные особенности изнашивания имеют профили с верхним расположением износостойкого слоя. На тяжелых глинистых и суглинистых почвах интенсивнее изнашивается передняя грань, несмотря на то, что она упрочнена твердым сплавом. На тяжелых почвах давле-

ние на переднюю грань почворезущего профиля выше, чем на заднюю. При обработке песчаных и супесчаных почв нижняя фаска перемещается по плотному дну борозды, поэтому интенсивнее изнашивается несущий слой металла биметаллического профиля.

Это свидетельствует о том, что для соответствующих почвенно-природных условий должна быть разработана определенная конструкция почворезущего профиля. Причиной тому являются различные условия работы (давление, ударные нагрузки и др.), а также существенные отличия почв по изнашивающей способности. В качестве варианта почворезущего профиля для супесчаных и песчаных почв, засоренных гравелистыми частицами и обладающих сажей высокой абразивной изнашивающей способностью, является его биметаллическая конструкция. Основным металлом в этом случае обеспечивает необходимую прочность, а твердое металлопокрытие – абразивную износостойкость.

Для практической реализации такого технического решения целесообразно использовать для получения заготовок долот и лемехов низколегированную сталь, обеспечивающую прочность не менее 2000...2300 МПа. Почворезущие профили с лицевой стороны подлежат нанесению износостойкого слоя определенной толщины методом диффузионного наплавивания [7, 8]. Диффузионное наплавивание является способом поверхностного упрочнения деталей износостойкими сплавами. При применении высокохромистых чугунов значения прочности сцепления их со стальной основой составляют в пределах 175...350 МПа, что является достаточным при их использовании в условиях ударно-абразивного изнашивания.

Наплавленные на стальную заготовку диффузионным наплавиванием высокохромистые износостойкие чугуны имеют столбчатое строение. Столбчатые кристаллы распространяются по толщине слоя, а их главные оси располагаются, в основном, нормально к поверхности теплоотвода. Такая кристаллическая

структура является одним из важнейших технологических факторов. Она обеспечивает при использовании заэвтектических высокохромистых чугунов увеличение до 20 % износостойкости по сравнению с нанесением их способами плавнения [8].

Для оценки геометрических параметров биметаллического почворезущего профиля используется коэффициент ($K_{\text{ав}}$), характеризующий соотношение толщин слоев твердого и основного металлов

$$K_{\text{ав}} = \frac{h_T}{h_T + h_O} \leq 0,35,$$

где h_T , h_O – толщина слоя соответственно твердого сплава и основного металла, мм.

При определении величины $K_{\text{ав}}$ принимались следующие условия: толщина $h_T = 3,5 \pm 0,5$ мм, а общая толщина биметаллического режущего профиля не превышает 12...14 мм.

Для оценки эксплуатационных свойств, характеризующихся обеспечением стабилизированного почворезущего профиля с учетом правила аддитивности износостойкости его составляющих используется коэффициент формы профиля

$$K_{\text{фп}} = \frac{h_T * \varepsilon_T}{h_T * \varepsilon_T + h_O * \varepsilon_O} \geq 0,5,$$

где ε_T , ε_O – коэффициент относительной износостойкости соответственно твердого сплава и основного металла.

Имеющийся банк данных научного и практического характера о причинах утраты работоспособности и снижения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин позволяет аргументированно отметить следующее.

1. Стальные монометаллические профили в процессе работы при скольжении резании в абразивной среде затупляются, в связи с чем необходимо их периодически перетачивать. Такие изделия независимо от величины и однородности или неоднородности твердости в их поперечном сечении не обладают свойствами самозатачиваться и сохранять стабилизированный почворезущий профиль.

2. Возможности повышения ресурса и коренного улучшения функциональных свойств деталей из монometалла с традиционными (метрами экстенсивного характера) технологическими методами упрочнения по существу исчерпаны. В решении данной проблемы необходим поиск и переход к использованию современных достижений научно-технического прогресса.

3. В серийно выпускаемых почворезущих деталях из среднеуглеродистых низколегированных сталей типа 65Г, Л53, 40Х не обеспечивается комплексное сочетание триботехнических, материаловедческих, конструкторских, технологических, эксплуатационных и экономических факторов решения проблемы, достижения высокой работоспособности изделий. По различным причинам (деформации и поломки) и признакам (преждевременное затупление)

почворезущие детали выбраковываются, не достигнув предельного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: Фролов К.В. и др. М.: Машиностроение. Сельскохозяйственные машины и оборудование. Т. IV-16/ И.П. Ксеневиц, В.И. Варнаков, Н.Н. Колчин и др.; Под. ред. И.П. Ксеневица. 2002. - 720 с.

2. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. - М.: Машиностроение, 1995. - 336 с.

3. Бернштейн Д.Б., Лискин И.В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов. Обзор информ. - М.: ЦНИИТЭИТракторосельхозмаш, 1992. - 36 с. (сер. 2. Сельскохозяйственные машины и орудия; вып. 3).

4. Бернштейн Д.Б. Абразивное изнашивание лемешного профиля и работоспособность плуга // Тракторы и сельхозмашины. - 2002, № 6.

5. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977.

6. Винокуров В.Н. Влияние износа плужных лемехов на тяговое сопротивление // Тракторы и сельхозмашины. - 1978, № 5.

7. Разработка почворезущих элементов повышенной работоспособности. Отчет о НИР (заключ.) / БГАТУ: Рук. темы Г.Ф. Бетенья. - № гос. регистрации 1997282. - Мн.: - 1997. - 63 с.

8. Бетенья Г.Ф. Повышение долговечности почворезущих элементов сельскохозяйственной техники наплавкой намораживанием. - Мн.: БелНИИТИ, 1986 - 44 с.

ОСОБЕННОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ

А.В. КОРОЛЕВ (БГАТУ)

Республиканской программой реформирования АПК в области инвестиционной деятельности предусмотрены следующие основные меры:

- повышение роли собственных источников сельскохозяйственных организаций (амортизационные отчисления) в восстановлении основных средств, доведение их до 65-70% в общем объеме капитальных вложений;

- увеличение объемов государственных и централизованных средств (республиканского и местных бюджетов) на инвестирование целевых программ;

- расширение системы лизинговых операций, способствующих решению проблемы технического пе-

ревооружения агропромышленного производства;

- развитие вторичного рынка ценных бумаг и специализированных финансовых источников;

- введение фиксированных отчислений от таможенных платежей, взимаемых при импорте сельскохозяйственной продукции в Республику Беларусь, и направление их на инвестиции в аграрный сектор.

Расчеты показывают, что для переоснащения сельского хозяйства и других отраслей АПК важнейшими видами технических ресурсов на период до 2005 г. потребуется 4321 млн. долл. США. Основными источниками финансирования технического перевооружения производственной базы сельского хозяйства будут

являться собственные средства агропромышленных предприятий (чистая прибыль и амортизация), бюджетные и заемные средства. Предполагаемая структура источников инвестиционных ресурсов представлена на рис. 1.

Удельный вес прибыли в общем объеме финансирования должен составить 11,8 %, амортизации - 16,9 %, республиканского фонда поддержки производителей сельскохозяйственной продукции, продовольствия и аграрной науки - 8,7 %, бюджета и кредита - соответственно 3,5 и 59,1 % .

Государственной инвестиционной программой на 2002 год, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2002 г. № 104, на раз-