

Щириков, Г.Г. Пархоменко // Проблемы эксплуатации транспортных и транспортно-технологических колесных и гусеничных машин: сб. науч. тр. / Азово-Черномор. гос. агроинженер. акад. – 2004. – С. 111-116.

УДК. 669.539

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ПОЗИЦИЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

*Попович П.В., к.т.н., доц., Бабий А.В., к.т.н., доц. (Тернопольский национальный  
технический университет имени Ивана Пулюя)*

Проблематика конструирования и изготовления базовых узлов, сельскохозяйственных машин, особенно мобильных, на современном уровне связанная с оптимизацией их элементов за материалоемкостью, геометрией построения основных принципиальных схем и прогнозированием ресурса работы. Общеизвестно, на сегодня в мировой практике доминирует принцип обеспечения ограниченного ресурса тримки систем машин с установленной вероятностью неразрушения, следовательно значительно повышаются требования к точности оценки ресурса – ошибки приводят к спонтанным преждевременным отказам, или к завышенной металлоемкости металлоконструкции. Современные методы расчета долговечности элементов металлоконструкций сельскохозяйственных машин, как правило, заключаются в статистическом, или критериальном подходе к оценке прочности и дают неоднозначные результаты прогнозируемого срока работы машины.

Ресурс рамных металлоконструкций мобильных сельскохозяйственных (с/х) машин обуславливает их долговечность в целом. Как правило, рамы изготавливаются путем сварки их составляющих изготовленных из углеродной прокатной стали. Основные виды узлов в сварных рамах – соединение прокатных профилей, которые размещены в разных комбинациях: с непосредственным соединением или с соединением через дополнительные элементы (накладки, косынки и тому подобное). При работе сварных узлов рам с/х машин наименьшую долговечность имеют сварные соединения, причем разрушение происходит в околосварной зоне – так называемой зоне термического влияния. Причина – пост температурные изменения структуры металла, резкие перепады жесткости, при переходе от одного элемента узла к другому, большое скопление сварных швов при их относительно малой длине и размещении в разных плоскостях в местах высоких напряжений от действия эксплуатационных нагрузок, дефектность сварных соединений [1,2].

При проектировании новых и модернизации существующих с/х машин с точки зрения оптимизации их металлоконструкций за долговечностью ощутимой эффект достигается путем решения проблематики аналитически - поискового и экспериментально - исследовательского характера:

- точное моделирование динамической нагруженности, и, соответственно, НДС конструкций и получения на этой основе достоверных числовых значений искомых параметров;
- определение реальной динамики нагруженности рассматриваемого объекта, путем проведения обстоятельных экспериментальных исследований в натуральных условиях эксплуатации машин на наиболее характерных рельефах и климатических зонах, с выбором особенностей оброчных площадей, статистическая обработка полученного материала;
- выработка критериев оценки прочности из позиции трещиностойкости при мало и многоциклическом усталостном разрушении;
- формирование и схематизация оптимизированных конструкций с прогнозируемым ресурсом работы в целом.

Прогнозирование надежности металлоконструкций сварных рам на стадии проектирования требует проведения системы экспериментов с целью создания модели НДС

конструкции, который отвечает реальным условиям эксплуатации машин заданного класса. Эффективность решения задач в значительной степени зависит и определяется объектом и достоверностью экспериментальных данных, потому учитывая, что исследование нагруженности и НДС как правило осуществляются одновременно, необходимо придерживаться общих требований к объекту исследования и условий его эксплуатации. Основой для создания моделей НДС конструкций являются натурные испытания с/х техники а также натурные эксперименты на образцах, выбранных из реальных машин. Основные требования к методике проведения полунатурных исследований включают обоснованный и правильный выбор схемы нагрузки и режима исследований. Они должны обеспечить воссоздание характера и вида разрушения типичные для конкретного элемента конструкции, которые отвечают эксплуатационным разрушением. При этом не всегда воспроизводят полностью весь эксплуатационный характер нагрузки, поскольку объект, который исследуется всегда может быть аналогично разрушен и без полного воссоздания эксплуатационной нагруженности. Это позволяет намного проще осуществлять выбор схемы нагрузки, более широко использовать универсальное оборудование.

При выборе параметров режима циклической нагрузки натуральных деталей, или элементов конструкций необходимо придерживаться соответствующих принципов и учитывать особенности:

1) эксплуатационный характер разрушения при лабораторных исследованиях может быть обнаружен при соответствующем выборе схемы нагрузки и геометрии исследуемого образца, причем важное значение имеет режим нагрузки за величиной и частотой их приложения; изменение нагруженности приводит к изменению механизма разрушения;

2) с увеличением перегрузки по отношению к границе выносливости материала, уменьшается эффективный коэффициент концентрации напряжений, которая может дать ошибочное воображение о фактическом действии того или другого концентратора напряжений в случае более длительной работы детали;

3) коррозионный эффект с повышением частоты проведения исследований и уровня прилагаемых нагрузок повышается и увеличивается вместе с увеличением базы.

Благодаря исследованиям есть возможность с максимальной достоверностью и точностью определить фактическую прочность и установить ресурс критических элементов основных несущих конструкций сельскохозяйственных машин. Это обусловлено тем, что натурные узлы (детали) в большинстве случаев незначительно отличаются от малогабаритных образцов, изготовленных или непосредственно вырезанных из тех же профилей; характер эпюр, также направление действия сил остается без изменений. Не изменяется и градиент механических свойств за перерезом в связи с аналогичной технологией изготовления опытных образцов [2]. Для оценки характера напряженного состояния элементов конструкции и определения путей поиска оптимальных параметров важное значение имеет теоретический подход к определению силовых факторов в перерезе элемента за сложным напряженным состоянием. При разработке теоретических принципов устранения "лишних" связей основных несущих конструктивных структур, особенно мобильных сельскохозяйственных машин, достаточно эффективным оказался метод основанный на принципе минимума потенциальной энергии деформации [2]. Особенный эффект получен при модификации этого метода с учетом лишь энергии деформации от депланации элементов открытого профиля и разработка на этой основе комбинированного метода. Для учета динамических нагрузок, которые возникают при эксплуатации, проводится их экспериментальное определение. Соответствующие компоненты динамических нагрузок и ускорений регистрируются в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Для определения динамических нагрузок, которые возникают в реальных условиях эксплуатации машин, разрабатываются и изготавливаются специальные измерительные устройства, типовые и натурные образцы, а также устройства для их испытаний на универсальном оборудовании. Это позволяет составлять программы

испытаний для определения динамических показателей в наиболее характерных условиях эксплуатации, особенно мобильных сельскохозяйственных машин и с/х прицепов, в частности. Кроме этого, обеспечивается проведение испытаний на циклическую трещиностойкость конструкционных материалов и натуральных образцов изготовленных в соответствии с реальной конструкцией. Методика экспериментальных исследований реализуется по большей части установлением измерительных средств под опоры основных масс на раму, ось ходовой части, несущий каркас той или иной машины или агрегата за типичной схемой [1]. Регистрация случайных величин проводится непосредственным введением числовых данных в память компьютера, со следующей статистической обработкой и систематизацией. Определение многокомпонентных динамических характеристик проводится в соответствии с размещением измерительных средств в зависимости от объекта исследований. Исследование нагруженности проводится за схемой и в соответствии с режимом выполнения технологического процесса машинно-тракторным агрегатом. Определения фактических напряжений в отдельных пересечениях и установления адекватности с аналитическими значениями проводятся в за методиками [3]. Анализ НДС рам с/х машин позволяет найти элементы, наиболее опасные с позиции возможности возникновения трещин, например пересечения, в которых высокий уровень напряженности совмещается из присутствием концентраторов. На следующих этапах расчетов целесообразно провести аналитические исследования НДС рамы с трещиной в заданном элементе рамы и экспериментально определить характеристики циклической трещиностойкости для материала металлоконструкции в условиях эксплуатации. Необходимые экспериментальные испытания циклической трещиностойкости узлов рам мобильных с/х машин проводятся на установках, которые обеспечивают нагрузку образцов определенных размеров при заданных частоте, амплитуде, асимметрии цикла и других параметрах за заданной схемой нагрузки. Необходимо, чтобы приспособления, которые используются для закрепления образцов с максимальной точностью воспроизводили схему нагрузки рабочей части образца, а также обеспечивали заданную жесткость и прочность в зоне приложения нагрузки. Типы образцов и схемы их нагружения принимаются в соответствии с поставленной задачей исследований, размеров и формы конструкции, из которой вырезаются образцы, механических свойств материала, а также оборудования, которое применяется в эксперименте. Установки для исследований оснащаются аппаратурой для измерения максимальной и минимальной нагрузки, числа циклов нагрузки, длины трещины, параметров окружающей среды. Точность проведения измерений регламентируется ГОСТ 25.502-79. Испытания рам мобильных с/х машин, в подавляющем большинстве случаев, проводятся при однокомпонентном нагружении, например изгибе образца знакопеременным моментом, скручивании, и т. д. Реализация таких испытаний существенно искажает картину нагруженности, так как в реальных эксплуатационных условиях имеет место совместное действие изгиба с кручением, полученные в этом случае результаты являются недостаточно корректными. Отечественная промышленность не выпускает специализированного оборудования для испытаний на усталость крупногабаритных рам. Кроме того, испытание натуральных рам является дорогим мероприятием, которое отличается высокой стоимостью. Для снижения расходов на проведение испытаний подавляющими являются испытания отдельных зон конструкции, лимитирующих долговечность рамы. Для этого необходима разработка научного подхода, который регламентирует основные принципы натурального моделирования рам. Для экспериментальных исследований элементов несущих рам спроектирован специальный стенд, который позволяет воспроизводить многокомпонентную нагрузку, приближенную к эксплуатационной с возможностью фиксации начала образования трещины, как результата накопления повреждений и ее последующей визуальной регистрацией с помощью катетометра.

### Литература

1. Рибак Т. І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – ВАТ. "ТВПК "ЗБРУЧ", 2003. – 332 с.
2. РТМ 23.2.75.- 82. Руководящий технический материал. Рамы сварные сельскохозяйственных машин. Конструкторско-технологическое проектирование. – М.: ВИСХОМ, 1982. – 111 с.
3. Дарчук А.И. и др.. Усталостное разрушение и долговечность конструкций. – К.: Наукова думка, 1992. – 184 с.

УДК 631.345.43

### К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ БАКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Бабий А.В., к.т.н. доц., Попович П.В., к.т.н. доц.*

*(Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя)*

Современное сельское хозяйство располагает большим количеством различных машин. Это связано, в первую очередь, с развитием культуры производства сельскохозяйственной продукции. Среди такого множества машин важная роль отводится машинам для химической защиты, внесения жидких органических или минеральных удобрений. Их общим элементом конструкции есть наличие бака, который может иметь различную форму и крепится к раме одним из способов. Но проведенный анализ возможных вариантов таких креплений показал, что достаточно выгодным остается использование цилиндрического бака с опорами-ложементами при (или без) наличия бандажей [1], рис.1. Понятным есть тот факт, что элементы крепления, особенно опоры, способствуют появлению максимальных напряжений в обечайке бака. Задачей исследования как раз есть разработка методики, с помощью которой удалось бы учесть все действующие составные нагрузки и получить результат напряженно-деформированного состояния (НДС) оболочки бака в любой точке. Такие данные позволят еще на стадии проектирования правильно заложить в конструкцию бака необходимые параметры прочности, жесткости и т.п. для обеспечения заданного ресурса его работы.

Считаем, что наш объект работает в нормальных тепловых, световых и прочих условиях, то есть оказывает основное влияние на его внутреннее состояние только механическая нагрузка. Точность конечного результата зависит, главным образом, от правильности формулировки исходной нагрузки, которая должна служить решающим выражением в избранной теории расчета.

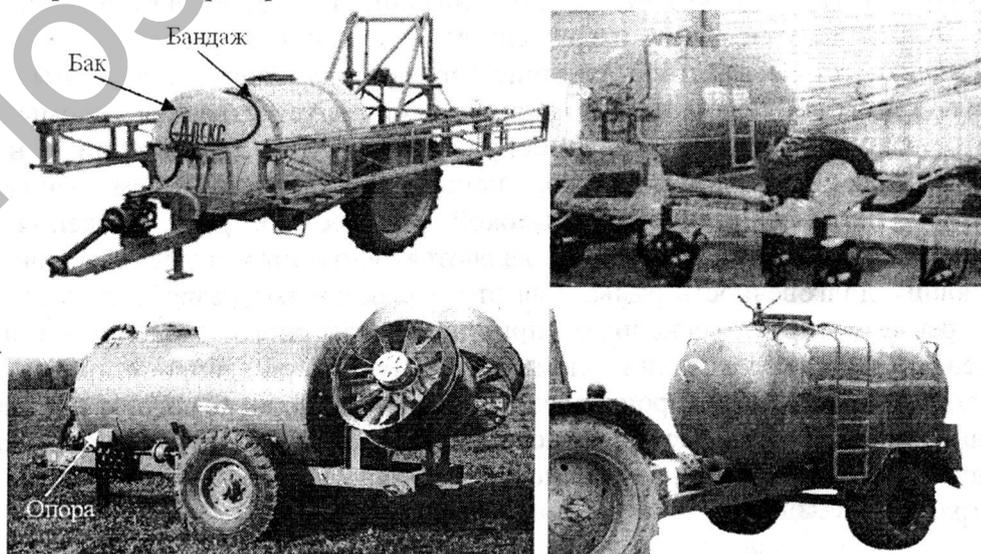


Рисунок 1 – Обзор машин с цилиндрическими баками на опорах-ложементах