

И.С.ЧЕРНЯВСКИЙ, к.т.н. – Харьковский тракторный завод

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ КБ РАСЧЕТОВ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ХАРЬКОВСКОМ ТРАКТОРНОМ ЗАВОДЕ

В мае 2002 исполнилось 45 лет с момента создания КБ расчётов и научных исследований на Харьковском тракторном заводе.

Инициаторами создания бюро в 1957 были главный конструктор завода Кашуба Б.П. и первый начальник Анилович В.Я. – выпускник Харьковского политехнического института по специальности «Динамика и прочность». Главная задача, поставленная руководством завода перед бюро, - расчётный анализ новых конструкций узлов и агрегатов тракторов и выбор параметров, обеспечивающих их прочность и ресурс.

В.Я.Анилович разработал принципиальные положения подхода к расчётному анализу многих узлов и агрегатов, систему оформления расчетов и внедрения их результатов в конструкторские разработки. По его предложению в 1961 году при бюро была создана лаборатория динамики, где проводились исследования, позволявшие в короткие сроки проверить результаты расчётного анализа и ускорить внедрение новых конструкций в серийное производство.

В 1960 году В.Я.Анилович успешно защитил кандидатскую диссертацию в ХПИ. В 1962 по предложению директора УкрНИИСХОМа он перешёл на работу в этот институт на должность начальника лаборатории. В мае 1967 года успешно защитил в МАМИ (Москва) докторскую диссертацию, в основу которой были заложены работы по виброизоляции и плавности хода, проведенные на ХТЗ в КБ и лаборатории.

Работы по виброизоляции, новизна которых подтверждена, выполнялись по инициативе и при непосредственном участии

В.Я.Аниловича.

Вся последующая научная деятельность профессора, доктора технических наук В.Я.Аниловича была неразрывно связана с ХТЗ и в первую очередь с КБ расчётов и научных исследований. Она заключалась в разработке методик и исследовании новых узлов и агрегатов семейства тракторов Т-150; консультации и оппонировании диссертационных работ, подготовленных в бюро и лабораториях завода; проведении семинаров и конференций.

В 1962 году начальником КБ был назначен работник бюро Чернявский И.С. ,— закончивший Харьковский политехнический институт по специальности «Динамика и прочность».

В это время в связи с внедрением в серийное производство трактора Т-74 начали поступать сведения о многочисленных отказах в эксплуатации. Появилась тенденция создания мощных пахотных тракторов и началась разработка трактора ДТ-125.

Все это требовало проведение расчетного анализа элементов узлов и агрегатов трактора и проведение испытаний. Этим проблемам была посвящена кандидатская диссертация начальника КБ Чернявского И.С. «Исследование условий работы зубчатых передач трансмиссий тракторов и разработка путей обеспечения их долговечности», которая была успешно защищена в ЦНИИТМАШе (г.Москва) в 1968 году.

В диссертации даны рекомендации по выбору расчетных режимов нагружения элементов трансмиссии при расчете долговечности и при расчете на динамическую прочность, по требуемой долговечности на каждой передаче с целью обеспечения необходимого ресурса трактора. Проведен анализ динамических нагрузок, возникающих в трансмиссии трактора Т-74, увеличение которых в установившемся режиме обусловлено совпадением собственных частот системы с возмущающей частотой крутящего момента двигателя и более высоких частот в ряде случаев с зубцовыми частотами. Исследованы пиковые нагрузки, возникающие при резком приложении

нагрузки, их влияние на усталостную прочность деталей; даны рекомендации по выбору коэффициента запаса муфты сцепления и коэффициентов динамичности в расчетах.

На основании теоретических разработок и экспериментальных исследований было предложено ряд оригинальных научно-конструкторских решений, которые внедрены в серийное производство и позволили снять проблему надёжности трактора Т-74 массового производства, выпускаемого в течение 1962-1984г.г., дать значительный экономический эффект на заводе и в эксплуатации (16 млн. рублей в ценах 60-80г.г.).

Основными конструкторскими разработками, которые были реализованы в трансмиссии трактора Т-74 на основе теоретического анализа с последующими экспериментальными исследованиями, являются:

1. Коробка передач (КПП) с изменённой кинематической схемой, в которой передача мощности на заднем ходу осуществляется непосредственно с первичного вала на вторичный вал, обеспечивающая новый скоростной ряд за счет изменения чисел зубьев зубчатых передач КПП и главной передачей $12/41$, $m_s=8.25$, $\beta=15$, с сохранением взаимозаменяемости с зубчатыми колёсами трансмиссий раннее выпускаемых тракторов. При этом удалось сместить резонансные зоны с рабочего диапазона оборотов двигателя;
2. Эластичное соединение коробки перемены передач с несущей системой трактора;
3. Усиленный редуктор вала отбора мощности с новыми параметрами зубчатого зацепления;
4. Муфты сцепления с эластичными нажимными пружинами и уменьшенным коэффициентом запаса;
5. Трактор- стенд, оборудованный тензодатчиками, дающий возможность выявления динамических нагрузок, возникающих в узлах трансмиссии.

Работы по повышению ресурса и надёжности тракторов Т-74 активно проводились сотрудниками бюро: Дю Ин Ю, Галактионов Д.С. Этлин Л.Е.,

Прошутя Д. , Немилостивая А.И., Добрянский, Злобинцева В.Я., Гончарова Л.А. Следует отметить творческую работу конструкторов Огия Г.Е., Яковлева Н.И., Косенко Ю., Бежика Г.И., Олизаренко И.И. Всему комплексу работ огромное влияние уделял главный конструктор завода Кашуба Б.П. и его первый заместитель Ходулин Ю.А. Одновременно с этими работами бюро активно включилось в процесс создания гусеничного трактора ДТ-125 на базе колесного Т-125 и в дальнейшем - создания семейства тракторов Т-150.

Для семейства тракторов типа Т-150 была создана трансмиссия с переключением передач под нагрузкой без остановки трактора, в то время как традиционное переключение передач на выпускаемых отрасли тракторах происходило с обязательной их остановкой. Такое переключение передач обеспечено с помощью оригинальных механизмов безразрывного переключения передач, защищенных как авторскими свидетельствами в СССР, так и патентованием за рубежом (США, Англия, Франция, Япония и др.), т.е. обладающих мировой новизной.

Трансмиссиями с безразрывным переключением передач было оснащено семейство тракторов Т-150 тягового класса 3 т.с., включающее: Т-150 – гусеничный, Т-150К – колесный; Т-155 - тягач; Т-150К-26 – погрузчик; Т-150К-27 – лесохозяйственный; Т-150К-28 – промышленный.

Увеличение объема расчетных работ потребовало уделить большее внимание на разработку методик расчетов, методик ускоренных испытаний узлов трактора, на анализ результатов испытаний и результатов рядовой эксплуатации тракторов, а с 1965 года и на использование ЭВМ при проведении расчетов.

Но в широкой эксплуатации тракторов часто сопротивление шлейфов сельскохозяйственных машин значительно превышало тяговый класс, предусмотренные конструкцией по эксплуатации ограничения по тяговым усилиям не соблюдались, что приводило к перегрузкам и преждевременным разрушениям агрегатов трансмиссии.

Одновременно заказчиком были предъявлены дополнительные

требования – расширение диапазона рабочих скоростей для работы с 5-6 корпусными плугами, обеспечение выполнения энергоемких работ на скоростях 4-5 км/ч, повышение ресурса трактора до 8000-10000 н/часов.

Выполнение перечисленных требований обусловило необходимость глубокой модернизации трансмиссий семейства тракторов и, в первую очередь, коробок передач с сохранением максимальной преемственности агрегатов, как по конструкции, так и по технологии и обеспечением максимальной унификации трансмиссий внутри семейства тракторов.

В основу проведенных расчетных исследований положены новые методы расчета силовых элементов трансмиссий, учитывающие особенности реального эксплуатационного нагружения:

- Разработка динамических моделей, отличительной особенностью которых является приведение сложных многомассовых динамических систем к системам, позволяющим оценить эффективность изменений элементов трансмиссии;
- Оценка динамических нагрузок как внешних (от двигателя и ведущих колес), так и внутренних (от карданных передач, зубчатых передач и др.) при установившихся и переходных режимах;
- Оценка потерь мощности в каждом из агрегатов трансмиссии;
- Количественная оценка ожидаемого ресурса в статистическом аспекте с учетом эксплуатационной нагруженности и использования агрегатов трансмиссий за срок службы тракторов.

Разработаны и внедрены методики:

1. расчета зубчатых передач и долговечности подшипниковых опор с учетом переменного характера крутящего момента в трансмиссии;
2. статистического расчета долговечности зубчатых передач и подшипниковых узлов с учетом особенностей изготовления их в массовом производстве;
3. расчета агрегатов трансмиссий на долговечность по приведенным

нагрузкам с уточненными значениями времени работы на каждой передаче.

Теоретический и экспериментальный комплекс разработок позволил провести на научной основе глубокую модернизацию трансмиссий семейства тракторов в два этапа: 1) отстройка трансмиссий от резонансов и снижение амплитуд крутильных колебаний; 2) снятие ограничений по тяговому усилию.

На первом этапе для отстройки трансмиссий от резонансов и снижения динамических нагрузок выбраны оптимальные жесткостные и демпфирующие параметры, реализованные в конструкциях узлов путем:

- а) установки пружинно-фрикционного демпфера с жесткостью $C=1.5 \cdot 10^5$ кгсм/рад в узле муфты сцепления;
- б) введения стержневого карданного вала вместо трубчатого с одновременным разворотом вилок карданных передач (гусеничные модификации);
- с) установки полуосей ведущих мостов пониженной жесткости.

Реализацией этих решений исключены резонансы и снижены динамические нагрузки во всем диапазоне рабочих и транспортных передач, что обеспечило повышение безотказности и ресурса. Разработанная модель динамических исследований применена при разработке новых трансмиссий и модернизации серийных машин.

На втором этапе основное внимание уделено коробкам передач, карданным и конечным передачам. Переключение передач внутри диапазона под нагрузкой без остановки трактора основано на совместной работе выключаемой и включаемой передач. Этот способ потребовал глубокого изучения потоков передачи и циркуляции мощности во время перекрытия, определения рациональных значений его параметров, разработки методов реализации. Применение беспрерывного переключения обеспечило снижение работы буксования муфт в 2-3 раза, снижение динамических нагрузок на 20-30%, стабилизировало скоростной режим двигателя, исключило остановки

пахотного агрегата при переключении на наибольших тяговых нагрузках.

Изменение кинематической схемы коробки передач семейства колесных тракторов с передаточным числом 1 (на выходе из вторичного вала) позволило уменьшить нагрузки в зацеплениях шестерен в 1.5-2 раза и исключить из работы подшипники шестерни третьего диапазона коробки раздаточной, наиболее нагруженные при работе в режиме заднего хода. В паре шестерен второго диапазона увеличен модуль с 5 на 6. Усталостная и изгибная прочность повышена на 20%, а долговечность в 2 раза.

Изменение кинематической схемы коробки передач гусеничного трактора позволило усилить гидropоджимную муфту первой передачи за счет установки шестого фрикционного диска, применить новую конструкцию узла шестерен гидромукты, в которой подшипники большей грузоподъемности установлены вплотную друг к другу и замыкаются наружными стопорными кольцами, при этом долговечность узла повышается в 3 раза.

В результате модернизации карданных передач была изменена схема расположения валов, диаметр карданного вала и разворот вилок, внедрены карданные шарниры с накатными шейками из стали 20ХГНР, игольчатые подшипники повышенной точности и др.

В конечной передаче были оптимизированы параметры полуосей путем изменения диаметра и повышения твердости, увеличены тело сателлита и тело обода эпициклической шестерни, внедрены сварные водила.

Модернизированные агрегаты трансмиссии прошли испытания на машиностроительных станциях и рекомендованы к производству. Внедрение этих агрегатов позволило:

- снять ограничения по тяговому усилию и тем самым существенно повысить производительность тракторного агрегата при выполнении энергоемких работ (особенно тяжелой пахоты);
- расширить диапазон рабочих скоростей за счет использования передач первого и заднего хода диапазонов.

Одновременно проведены теоретические и экспериментальные работы по совершенствованию подвесок и креплений агрегатов трансмиссии, что позволило уменьшить внешние воздействия на них. Усовершенствованные узлы подвески внедрены в производство.

Новизна внедренных разработок по конструкции трансмиссии, методам и стендам для ускоренных испытаний защищена 35 авторскими свидетельствами. По разработкам и исследованиям опубликовано более 100 печатных работ.

В 90-е годы на базе модернизированных трансмиссий разработаны и внедрены в серийное производство семейство колесных тракторов ХТЗ-170, ХТЗ-120/121, ХТЗ-160; проходят эксплуатационные испытания гусеничного трактора класса 4-5 т с торсионной подвеской.

В конструкции новых тракторов внедрены 15 изобретений, защищенных патентами Украины.

Экономический эффект от внедрения модернизированных трансмиссий составил более 100 млн. руб. (в ценах 1990 г.) и 50 тыс. тонн проката за счет снижения расхода запасных частей и увеличения ресурса.

Новизна разработок подтверждена на ряду с авторскими свидетельствами и патентами Украины, награждением серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР, лауреатством I степени IV Всесоюзного конкурса на лучшие работы по унификации и агрегатированию (Москва).

Научно-исследовательские работы выполнялись в тесном контакте с передовыми НИИ и вузами страны – НАТИ, ВНИПП, МВТУ, МИСИП, МАМИ, ЦНИИТМАШ – г. Москва, ХГПУ, ХГАИ – г. Харьков.

На ХТЗ работы происходили совместно с конструкторскими бюро КПП (нач. бюро Шейко Н.Ф.) и бюро мостов (нач. бюро Батыренко В.С., Шаповалов Ю.К.), с лабораториями ОЭЦ – динамики (нач. Травкин И.В.), агрегатов (нач. Кармазин Э.И., Белик М.П.).

Большое участие в реализации разработок принимали руководители

завода: Библик В.В., Тодоров П.П., Федюняев А.М., Гудзь С.П., Щербец Н.Г. и ОГК: Кашуба Б.П., Абдула С.Л., Ходулин Ю.А., Левитанус А.Д., Огий Г.Е., Забелышенский З.Э., Амелин Н.Г., Рулёв В.Н., Холопов В.И., а также ОЭЦ – Денисенко И.В.

Конструкторские разработки всех создаваемых и выпускаемых заводом ХТЗ тракторов подвергались расчетно-теоретическому анализу. В картотеке КБ расчетов и научных исследований насчитывается порядка 2000 работ, опубликовано более 200 печатных работ, получено 25 авторских свидетельств. Это расчеты:

- деталей и механизмов двигателей;
- муфт сцепления и демпферов крутильных колебаний;
- валов, шестерен, подшипников, тормозов и карданных передач;
- рулевого управления, по пневмо и гидросистемам;
- виброизоляции сиденья, кабины двигателя, подрессоривания остова;
- общей динамики и навесоспособности и др.

В процессе работы усовершенствовались методики расчетов и создавались новые:

1. Методика оценки плавности хода трактора, где рассмотрена расчлененная схема, в которой учитываются характеристики связи основных узлов машины между собой (силовой блок, кабина, остов, передний мост). Расчет по этой методике позволил выбрать оптимальные параметры подрессоривания гусеничных и колесных тракторов семейства Т-150.
2. Методика по оценке устойчивости тракторов с шарнирной рамой, как сельскохозяйственных, так и промышленных (погрузчик Т-156 и лесная Т-157Н).
3. Успешно защищена диссертация сотрудником бюро Дю Ин Ю «Исследование колебаний скоростных гусеничных тракторов класса 3 т».

В настоящее время бюро работает над новыми моделями тракторов, их агрегатов и узлов, которые разрабатываются под руководством главного конструктора Абдулы С.Л., зам. гл. конструктора Забельшенского З.Э., Рулева В.Н. и др.

С 1962 года по настоящее время сотрудники бюро руководят дипломными работами студентов ХГПУ по специальности «Динамика и прочность» и «Тракторостроения».