

629
М 86

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

МОХОВ СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 629.114.456.3

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ
МЕТАЛЛЕМОСТОТНОСТИ НЕСУЩИХ СИСТЕМ
ПОЛУПРИЦЕПОВ-ЩЕПОВОЗОВ

— Специальность 05.21.01 — Технология
и машины лесного хозяйства и лесозаготовок

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск — 1990

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте имени С.М.Кирова.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
ЖУКОВ А.В.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
АНИСИМОВ Г.М.
- кандидат технических наук, доцент
РАДКЕВИЧ В.Т.
- Ведущая организация - Научно-производственное объедине-
ние "Силава"

Защита состоится "11" декабря 1990 г. в 14 час.
на заседании специализированного Совета К.056.01.01
в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологи-
ческом институте имени С.М.Кирова.
Адрес: 220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13а, корпус 4, зал
заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского
ордена Трудового Красного Знамени технологического инсти-
тута имени С.М.Кирова.

Автореферат разослан "11" ноября 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

ТРОФИМОВ С.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема улучшения использования лесосырьевых ресурсов предусматривает применение ресурсосберегающих безотходных технологий, к одной из которых относится переработка отходов и низкокачественной древесины на технологическую щепу, что позволяет увеличить выход древесины на 20-25 %.

На долю автомобильного транспорта приходится более половины общего объема перевозимой щепы. Причем, для перевозки щепы используются специализированные автопоезда, которые существенно отличаются от других транспортных средств. В настоящее время в лесной промышленности СССР выпускается ограниченная номенклатура щеповозов. Как показывает опыт эксплуатации, прочность и надежность их недостаточна, так как в практике происходят многочисленные отказы из-за трещин и поломок несущей системы. Причиной этого является несовершенство применяемых при проектировании методов расчета, что приводит к недостаточной прочности конструкции, в то время как несущая система щеповоза обладает специфическими особенностями и условиями эксплуатации. Поэтому исследования в области рационального проектирования, совершенствования конструкций, повышения прочности и грузоподъемности, снижения металлоемкости щеповозов являются актуальными.

Цель работы. Улучшение показателей вывозки технологической щепы путем повышения прочности, надежности и снижения металлоемкости несущих систем щеповозов.

Задачи исследований:

- провести анализ конструкций несущих систем отечественных и зарубежных щеповозов с учетом эксплуатационных особенностей и дать оценку их эксплуатационной надежности;
- провести анализ литературных источников по методикам расчета и исследованиям напряженно-деформированного состояния несущих систем транспортных средств;
- разработать методику статического расчета напряженно-деформированного состояния несущей системы щеповоза;
- разработать методику оценки напряженно-деформированного состояния и надежности несущей системы щеповоза с учетом специфики нагружения от сыпучего груза и реальных воздействий от неровностей дороги при движении;

- оценить нагруженность элементов несущего кузова (каркаса) и ресурса щеповозов;

- провести экспериментальные исследования нагруженности полуприцепа-щеповоза ЛТ-7А в производственных условиях для оценки достоверности разработанной математической модели и получения дополнительных данных о работе конструкции на специфических режимах нагружения;

- разработать практические рекомендации, направленные на повышение прочности, надежности и снижение металлоемкости несущих систем серийно выпускаемых и перспективных автощеповозов.

Научная новизна работы заключается в разработке методики оценки напряженно-деформированного состояния и надежности несущей системы щеповоза на основе комбинированной конечно-элементной модели с учетом специфики нагружения его кузова от сыпучего груза и реальных воздействий от неровностей дороги при движении. Получены новые экспериментальные и расчетные данные по нагруженности несущих систем щеповозов, а также по рациональным соотношениям его составных элементов.

Практическая ценность работы заключается в том, что при использовании разработанных методик, реализованных в виде пакета прикладных программ для ЭВМ, повышается качество и сокращаются сроки проектирования несущих систем автощеповозов. Выявленные при исследованиях основные закономерности влияния конструктивных параметров на нагруженность несущих систем щеповозов и разработанные практические рекомендации позволяют снизить металлоемкость и повысить ресурс.

Реализация результатов работы. Разработанные в результате теоретических и экспериментальных исследований рекомендации по повышению надежности и снижению металлоемкости несущей системы автопоезда-щеповоза ОНШ-54, а также методики расчета используются в НПО "Силава". Фактический годовой экономический эффект от внедрения практических рекомендаций составил 2690 руб. на один автопоезд.

На защиту выносятся: методика статического расчета напряженно-деформированного состояния каркасных конструкций щеповозов; методика динамического расчета напряженно-деформированного состояния и ресурса щеповозов с учетом специфики нагружения от сыпучего груза и статистического воздействия от микропрофиля дороги; данные по оценке напряженно-

деформированного состояния несущих систем щеповозов и влиянию на него конструктивных параметров щеповоза

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в г. Гомеле (сентябрь 1984 г.), всесоюзной и региональной научно-технических конференциях в г. Жыцьком (октябрь 1984 г., ноябрь 1988 г.), республиканских научно-технических конференциях в г. Минске (ноябрь 1985 г., апрель 1990 г.), всесоюзной научно-технической конференции в Тюмени (июль 1987 г.), всесоюзных научно-технических совещаниях в г. Москве (октябрь 1986 г., сентябрь 1990 г.) и научно-технических конференциях БТИ им. С.М. Кирова по итогам научно-исследовательских работ за 1982-1990 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, списка использованной литературы и приложений, содержит 140 страниц основного машинописного текста, 51 рисунок, 17 таблиц, 39 страниц приложений. Библиографический список состоит из 117 наименований литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, дана общая характеристика работы, приведены научные положения, выносимые на защиту, а также кратко изложены основные результаты исследований.

В первом разделе рассмотрено современное состояние использования щепы как технологического сырья, проведен обзор конструктивных особенностей отечественных и зарубежных автощеповозов, эксплуатационной надежности их несущих систем, а также анализ работ по оценке напряженно-деформированного состояния несущих систем транспортных средств. Сформулированы цель и задачи исследований.

Специализированные транспортные средства для перевозки щепы базируются на двухосных и трехосных тягачах МАЗ, КРАЗ и КамАЗ, оборудованных с прицепами и полуприцепами различных конструкций. Общим для их конструктивных схем является наличие кузова каркасного типа, представляющего собой сложнопро-странственную пластинчато-стержневую систему. Основным недо-

статком автоцеповозов с несущей системой такого типа является значительная металлоемкость. Коэффициент их снаряженной массы колеблется в пределах от 0,43 до 0,84, при этом наблюдается тенденция к возрастанию этого показателя с увеличением базы. Масса кузовов щеповозов составляет около 70 % общей массы прицепного средства, что превосходит аналогичные показатели для ряда близких по своему назначению транспортных средств, перевозящих сыпучие грузы. Проведенный анализ существующих конструкций несущих систем щеповозов и опыт их эксплуатации показывают, что прочность и надежность их недостаточны, так как в практике происходят многочисленные отказы из-за трещин, поломок и преждевременного разрушения узлов несущей системы. Отмеченные отказы являются следствием целого ряда причин, определяемых недостатками конструкции кузова, недостатками технологического характера при изготовлении щеповоза, а также в значительной мере несовершенством применяемых при проектировании методов расчета.

Вопросы исследования нагруженности рам грузовых автомобилей на основе теории тонкостенных стержней открытого профиля отражены в работах Н.Ф.Бочарова, Д.Б.Гельфгата, В.А.Ошногова, В.Н.Белокурова, М.Н.Закоа и др. Предложенное моделирование конструкций узлов рамы приводит к определенным допущениям и позволяет приближенно оценивать их напряженно-деформированное состояние.

Значительное развитие получили в последнее время матричные методы расчета и, в частности, метод конечных элементов (МКЭ). Применение данного метода позволяет обеспечить надежную и достоверную интерпретацию нагруженности конструкции, а также минимум затрат на проведение инженерных расчетов. Матричным методам расчета посвящено значительное число работ советских ученых: В.В.Болотина, В.А.Постнова, Л.А.Розина, А.П.Филина, А.Ф.Смирнова, Н.Н.Шапошникова, А.С.Сахарова и др. Широко известны труды Дж.Аргириса, О.Зенкевича, Г.Стренга, Р.Клафа, Дж.Пензиена, К.Бате, Э.Вильсона и многих других зарубежных авторов.

Исследованию динамической нагруженности несущих систем лесных машин посвящены работы В.М.Семенова, Г.М.Аниоимова, А.В.Жукова, В.А.Александрова, В.Н.Андреева, А.И.Смеяна, Б.С.Селезнева, Б.Г.Поликаренкова, А.Р.Гороновского и др. В то же время недостаточно освещены вопросы, связанные с ис-

следованием напряженно-деформированного состояния кузовов щеповозов. Несущая система щеповоза имеет свои специфические особенности. Наиболее близкие к ней кузова автобусов, автомобилей-фургонов и ряда специализированных транспортных средств для перевозки строительных материалов и других грузов. Исследование нагруженности таких несущих систем отражено в работах Е. Теосера, К. М. Атояна, В. Н. Зузова, А. Н. Любина, О. Н. Барышникова, Г. Н. Девойно, Н. И. Емельянова и др.

Таким образом, обзор литературных источников показал, что в настоящее время не нашли должного отражения вопросы моделирования и анализа нагруженности несущих систем щеповозов. Наиболее приемлемым для оценки напряженно-деформированного состояния, моделирования динамической нагруженности несущих систем щеповозов является МКЭ. Применение МКЭ позволяет учесть специфические особенности конструкции, характер нагружения, оценить показатели напряженно-деформированного состояния элементов несущей системы и получить данные для оценки ресурса конструкции.

Второй раздел посвящен разработке методики расчета надежности несущей системы щеповоза. При оценке показателей прочности необходим уточненный расчет напряжений в элементах конструкции кузова щеповоза. Для определения напряженно-деформированного состояния кузова щеповоза применен МКЭ, что позволяет учесть свойство симметрии конструкции, рассматривать различные виды нагружений, проводить многовариантные расчеты. Погрешность вычислений зависит от степени дискретизации. Более подробное разбиение на конечные элементы приводит к повышению точности решения МКЭ, однако при этом возрастает затраты на подготовку исходных данных и время счета на ЭВМ. Поэтому одной из задач при разработке методики расчета нагруженности щеповоза является исследование особенностей построения его конечноэлементной модели.

Учет специфики конструкции является наиболее сложным этапом и представляет соответственно наибольшие трудности. Основным элементом кузова является пространственный силовой каркас. Для анализа нагруженности такой конструкции наиболее приемлемой является стержневая модель, учитывающая действие внешних нагрузок, влияние граничных условий и конструктивных особенностей щеповоза на деформированное состояние кузова. Возможность описания кузова стержневыми элементами обуслов-

лена тем, что исследуемые объекты представляют собой развитую в продольном направлении конструкцию, к которой применима теория стержней. Силовой каркас несущего кузова состоит из стержневых и листовых элементов, жесткостью которых нельзя пренебрегать. Поэтому важно получить правильную картину напряженно-деформированного состояния стержневых элементов кузова с учетом обшивки, моделируемой плоскими пластинчатыми конечными элементами. Наиболее рациональной с точки зрения трудоемкости, точности результатов и времени счета является применение для оценки нагруженности кузова рамного типа стержневой модели, а для кузова несущего типа - комбинированной конечноэлементной модели с укрупненной разбивкой обшивки каркаса на плоские пластинчатые конечные элементы. В качестве базовых для описания расчетных схем используются двухузловой стержневой элемент и четырехузловой пластинчатый элемент с шестью степенями свободы в узлах, соответствующих линейным перемещениям вдоль осей X , Y , Z и углам поворота относительно этих же осей.

Идея МКЭ заключается в аппроксимации конструкции с бесконечным числом степеней свободы совокупностью простых элементов, имеющих конечное число степеней свободы и связанных между собой в узловых точках. Жесткость всей конструкции определяется вычислением характеристик отдельных конечных элементов и их последующим объединением. При конечноэлементной формулировке задачи о деформировании каркасных конструкций весь процесс решения состоит из следующих основных этапов: описание определенным типом конечного элемента той или иной части конструкции; построение матриц жесткости в локальной системе координат и переход от локальной к общей системе координат; расщелка компонент локальных матриц на нужные места в глобальные матрицы в соответствии с указанными связями между элементами в конструкции кузова; решение полученной системы уравнений и вычисление искомых узловых перемещений; определение усилий и напряжений в конечных элементах.

Внешняя нагрузка на кузов щеповоза определялась на основании теории сыпучих грузов. Вектор заданных внешних сил представляет собой гравитационные силы в виде собственного веса перевозимой щепы. Помимо вертикального давления на дно кузова учитывалось боковое давление на его борта. При этом нагрузка на борт щеповоза определялась из выражения

$$\rho = \rho_m L \frac{H^2}{2}, \quad (I)$$

где ρ - плотность щеиы; m - коэффициент подвижности;
 L - длина кузова; H - высота кузова.

При разгрузке кузова величины вертикальных и боковых нагрузок определялись в зависимости от угла наклона кузова, а также его связи с углом трения щеиы по стали и углом внутреннего трения щеиы.

В соответствии с принципами МКЭ статическая расчетная схема кузова рамного типа представлена в виде системы стержневых конечных элементов. Для анализа нагруженности такой конструкции кузова щеповоза используются два вида расчетных схем. Первый вид описывает симметричную часть конструкции и применяется для определения напряженно-деформированного состояния каркаса в транспортном положении. Поскольку в транспортном положении имеет место симметричное нагружение, то граничные условия накладываются вдоль плоскости симметрии запрещением кососимметричных перемещений. Второй вид служит для определения нагруженности в режиме выгрузки кузова, в этом случае используется полная расчетная схема кузова щеповоза. Моделирование опрокидывания осуществляется исключением трех опор одного из бортов кузова. Для облегчения задания информации по стержням применялись элементные базы материалов, сечений и координат. Порядковый номер любой из баз соответствовал определенному типу сечений, моделирующих каркас.

Для кузова несущего типа использовалась комбинированная конечноэлементная модель, в которой каркас моделировался стержневыми элементами, а внутренняя обшивка - пластинчатыми. В модели помимо данных о стержнях заносились данные по элементам тонкой пластинки, которые описывались четырьмя узлами в случае прямоугольного и тремя узлами для треугольного элемента.

Динамическая система "дорога - транспортное средство" описывается системой дифференциальных уравнений, которая в матрично-векторной форме имеет вид:

$$[M] \{\ddot{x}(t)\} + [C] \{\dot{x}(t)\} + [K] \{x(t)\} = \{p(t)\}, \quad (2)$$

где $[M]$, $[C]$, $[K]$ - матрицы масс, сопротивлений и жесткости динамической системы соответственно; \ddot{x} , \dot{x} , x - соответственно векторы ускорений, скоростей и перемещений узловых точек конечноэлементной модели кузова щеповоза;

$P(t)$ - вектор внешнего воздействия.

Матрицы $[M]$, $[C]$, $[K]$ получаются по правилам конечноэлементного суммирования отдельных матриц конечных элементов. Во временной области задача по определению динамической нагруженности сводится к решению системы дифференциальных уравнений в виде разложения по собственным формам колебаний. Кузов щеповоза при динамическом расчете рассматривается находящимся под воздействием возмущающих сил, вызванных неровностями дороги и передающихся через опорные точки контакта. В этом случае, выражая вектор внешнего воздействия через вектор высот микронеровностей дорожного покрытия $h(t)$, получим следующее выражение

$$\{P(t)\} = [\bar{K}]\{h(t)\} + [C]\{\dot{h}(t)\}, \quad (3)$$

где $[\bar{K}]$ и $[C]$ - матрицы, характеризующие жесткостные и демпфирующие свойства подвески щеповоза.

Воздействие дорожных неровностей задавалось кинематически посредством двух временных функций $h_i(t)$ под левой и правой колеей щеповоза с учетом запаздывания воздействия между первой и второй осью. Стыковка элементов, моделирующих подвеску, с кузовом осуществляется применением специального конечного элемента с одной степенью свободы в узле. Расчетная схема кузова щеповоза рамного типа приведена на рис. 1.

Динамическое моделирование процесса опрокидывания кузова исследовалось на основе модели с дискретными массами и упругими связями. В качестве математического аппарата для решения системы дифференциальных уравнений, составленных в виде уравнения Лагранжа второго рода, был использован численный метод решения Рунге-Кутты. Движение кузова рассматривалось происходящим под действием ускоряющей силы, изменяющейся во времени. В результате определялась максимальная нагрузка в зависимости от угла поворота кузова, которая являлась исходной для конечноэлементной модели.

Расчетное определение усталостных характеристик производилось для наиболее опасных с точки зрения усталостной долговечности мест исследуемых конструкций. В качестве исходной информации использовались спектральные плотности процесса изменения динамических напряжений в элементах кузовов щеповозов. При оценке долговечности учитывались особенности конструкции и технологии ее изготовления, наличие внутренних остаточных напряжений. Оценка ресурса базировалась на современ-

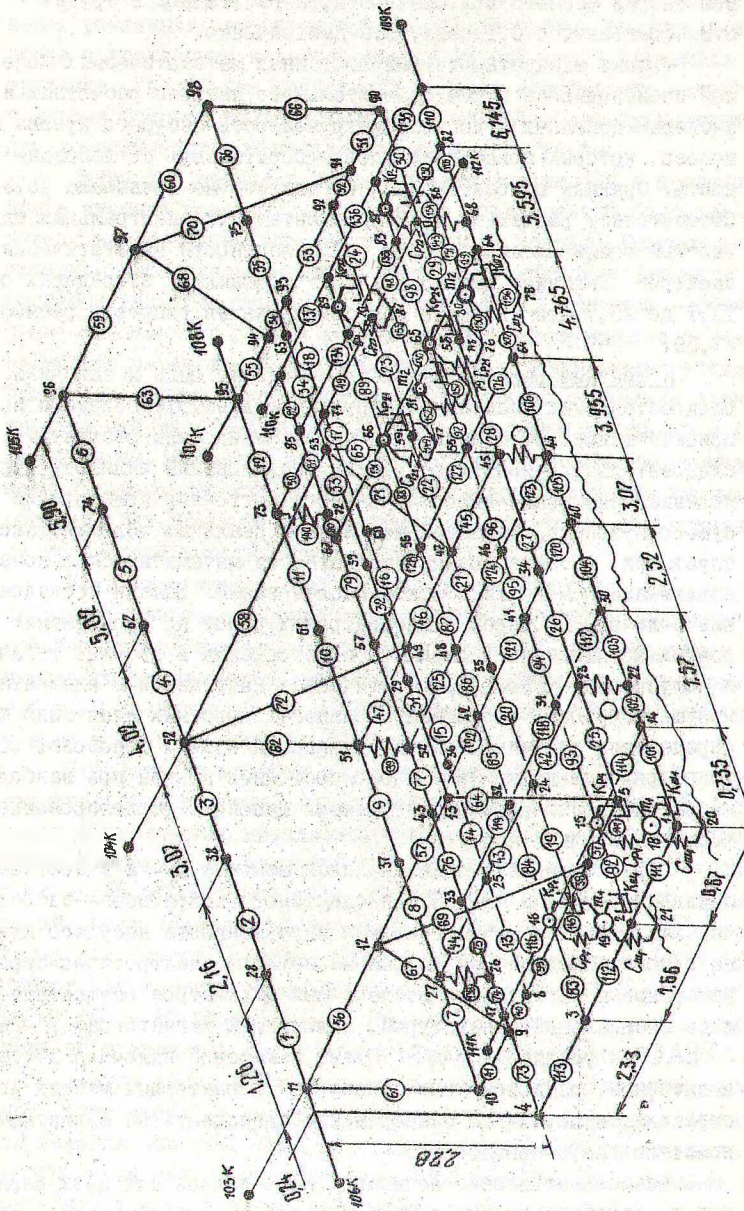


Рис. I. Расчетная схема кувоза шевроза рамного типа.

ной теории расчета долговечности, разработанной в трудах С.В.Соренсена, А.С.Гусева, С.С.Дмитриченко.

Оценка адекватности разработанных математических моделей производилась путем сравнительного анализа расчетных и экспериментальных данных по нагруженности несущего кузова щеповоза, который показал их удовлетворительную согласованность. Средняя относительная погрешность не превышала 15,3 %. Соответствие расчетных и экспериментальных спектральных плотностей оценивалось по тесту эквивалентности энергетических спектров. Величина статистики χ^2 находилась в пределах от 15,1 до 25,7 при значении области принятия гипотезы равном 27,59.

В третьем разделе изложены методика, цель и задачи исследовательских испытаний нагруженности несущей системы полуприцепа-щеповоза. Приведены и проанализированы результаты исследовательских испытаний. Целью исследований являлось определение напряженно-деформированного состояния конструкции несущего кузова полуприцепа-щеповоза в реальных условиях эксплуатации, а также оценка адекватности математических конечноеlementных моделей объекта исследований. Задачи исследований включали проведение лабораторных работ по определению основных компоновочных параметров автопоезда в составе тягача и полуприцепа-щеповоза и статических напряжений в элементах несущего кузова; проведение комплекса дорожных испытаний по определению динамической нагруженности кузова щеповоза; оценку напряженно-деформированного состояния кузова при наиболее неблагоприятных режимах нагружения щеповоза (моделирование кососимметричной нагрузки).

Объектом исследований являлся щеповоз ЛТ-7А в составе седельного тягача МАЗ-504Г и одноосного полуприцепа-самосвала. Исследовательские испытания нагруженности несущего кузова основывались на использовании методов электротензометрии. Измерение и регистрация исследуемых параметров осуществлялась специальной аппаратурой, включающей магнитограф R-260С "ТЕАС" и усилитель КWS. Схема измерений включала 37 тензодатчиков, расположенных в наиболее характерных местах конструкции, и позволяла одновременно записывать на магнитном носителе шесть процессов.

Исследовательские испытания проводились для двух вариантов полезной нагрузки: загрузка щепой и пакетными материала-

ми. Анализ результатов исследований показал, что нагруженность различных элементов кузова неравномерна, причем, наиболее нагруженными являются лонжероны при обоих вариантах нагружения. Увеличение напряжений в балке коробчатого сечения, в листах боковой обшивки и днища, тягсовой балки происходит при косоцентричном нагружении несущего кузова.

Четвертый раздел посвящен оценке надежности и нагруженности кузовов щеповозов. В процессе исследований было произведено варьирование габаритных размеров кузова. Границы варьирования выбирались, с одной стороны, с учетом соблюдения габаритных размеров транспортного средства, с другой - обеспечение максимально полной реализации грузоподъемности с учетом плотности перевозимой щепы. В результате проведенных исследований была проанализирована степень влияния указанных параметров на напряженно-деформированное состояние элементов кузова щеповоза. Наиболее значительное влияние изменение компоновочных параметров кузова оказывает на нагруженность верхней обвязки. Интенсивный рост напряжений происходит с увеличением габаритной высоты каркаса (рис. 2).

На нагруженность нижней обвязки значительное влияние оказывает изменение длины каркаса. При этом более интенсивное увеличение максимальных значений напряжений соответствует минимальной из рассмотренных значений габаритной высоты, равной 2,0 м. С увеличением расстояния между лонжеронами напряжения в нижнем контуре обвязки снижаются.

Возрастание момента инерции свыше $320 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ не дает значительного выигрыша по снижению величины напряжений и приводит к увеличению металлоемкости кузова (рис. 3а). Расположение поперечин значительно влияет на нагруженность стержневого каркаса (рис. 3б). При расстоянии 1,415 м кривые напряжений имеют характерный минимум, что показывает на рациональность указанного размера. Интенсивный рост напряжений в элементах конструкции имеет место в диапазоне изменения нагрузки от 40 до 80 кН. Дальнейшее увеличение массы перевозимой щепы не приводит к значительному росту нагруженности (рис. 3в).

Анализ результатов расчета показал, что для кузова рамного типа наиболее нагруженным элементом конструкции является верхняя обвязка. Зона наибольших напряжений расположена в месте установки средней вертикальной стойки. Максимальные напряжения в данной зоне имеют место как в транспортном положе-

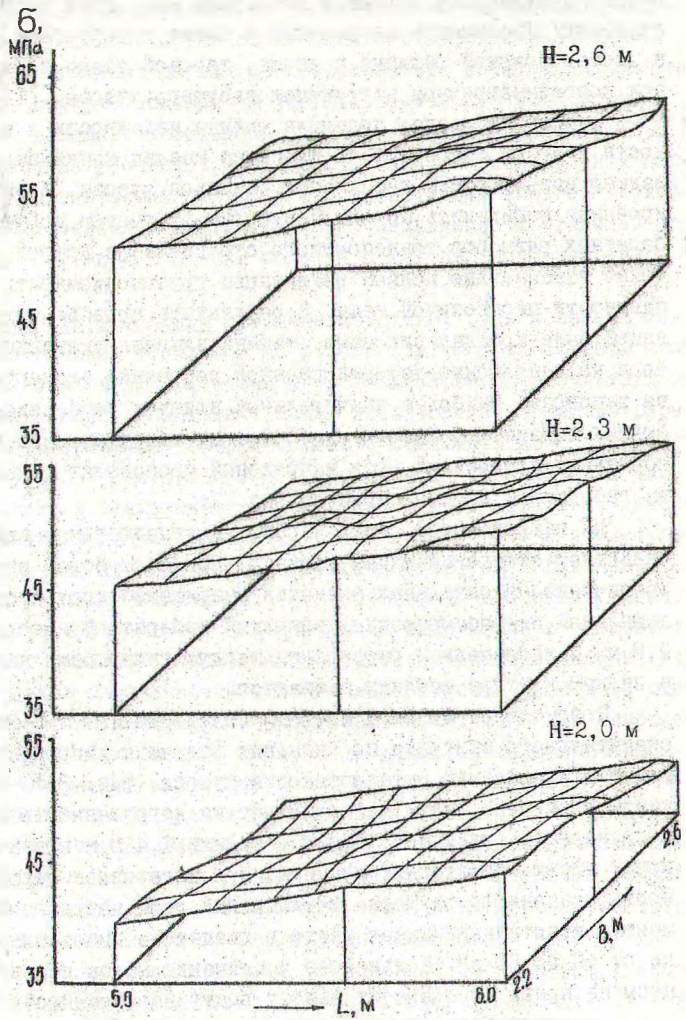


Рис. 2. Поверхности распределения напряжений в верхней обвязке при различной высоте кузова

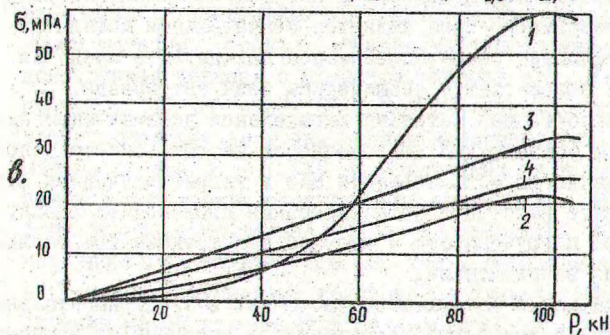
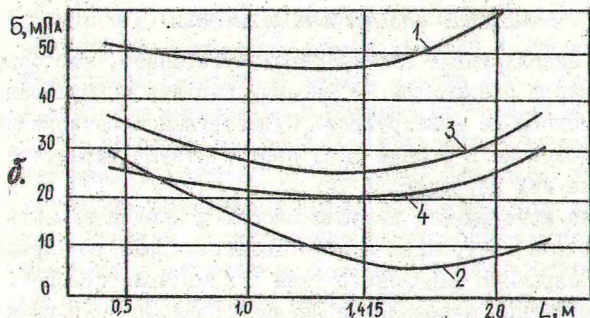
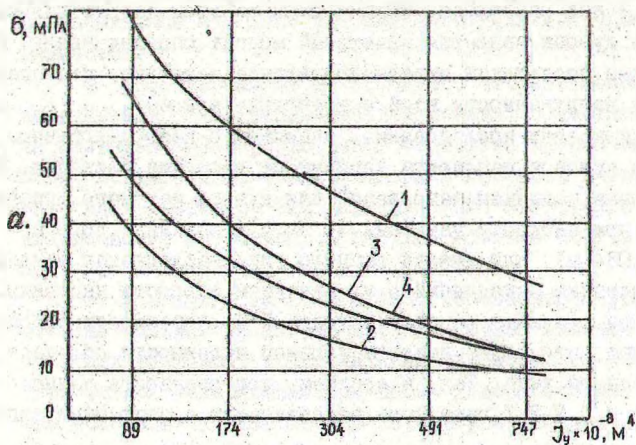


Рис. 3. Зависимость изменения напряжений от момента инерции профиля (а); расстояния между поперечинами (б); массы перевозимой шепы (в); 1 - верхняя обвязка; 2 - нижняя обвязка; 3 - лонжерон; 4 - поперечина.

нии, так и при разгрузке. Критическим режимом нагружения при разгрузке кузова является начальный момент опрокидывания. В этом случае происходит перераспределение нагрузки, что сказывается на нагруженности всей конструкции кузова.

Как показали исследования, напряженно-деформированное состояние кузовов щеповозов зависит от скорости движения. Так, максимальные величины напряжений для кузова несущего типа имеют место при скорости движения 40 км/ч (гравийная дорога

$\sigma_n = 0,034$ м), для кузова рамного типа наблюдается тенденция возрастания напряжений с увеличением скорости движения.

Анализ результатов по усталостной долговечности щеповозов показал, что более высоким уровнем надежности обладает кузов каркасного типа. Так, в среднем, долговечность данного типа кузова в 1,7-2,1 раза выше по сравнению с безрамным типом кузова.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Опыт эксплуатации автощеповозов указывает, что основное число отказов приходится на несущую систему и обусловлено несовершенством ее конструкции. Существующие конструкции кузовов щеповозов не в полной мере соответствуют характеру действующих на них нагрузок.

2. Анализ конструкций несущих систем позволил выявить две типовые схемы построения кузова щеповоза: рамную каркасного типа и безрамную каркасного типа с листовой обшивкой. Основным недостатком щеповозов с несущей системой как рамного, так и безрамного типа является значительная металлоемкость. Коэффициент снаряженной массы находится в пределах 0,43-0,84 и возрастает с увеличением базы автопоезда.

3. Разработанная методика определения динамической нагруженности и усталостной долговечности несущих систем щеповозов, основанная на использовании МКЭ и теории случайных функций, позволяет на стадии проектирования производить оценку динамической нагруженности и ресурса конструкции при различных условиях эксплуатации.

Сопоставление результатов расчетных и экспериментальных исследований динамической нагруженности показало их удовлетворительную сходимость. Величина статистики D^2 теста эквивалентности расчетных и экспериментальных плотностей находилась в пределах от 15,1 до 25,7 при значении области приня-

тия гипотезы равно $27,59$, что дает основание рекомендовать разработанные методики для использования при проектировании щеповозов.

4. Исследованиями установлено, что для щеповозов, помимо воздействия от микронеровностей дороги, существенное влияние на напряженно-деформированное состояние кузова оказывает силовое воздействие, формирующееся в процессе погрузочно-разгрузочных операций. Так, при движении автопоезда максимальные динамические напряжения в верхней обвязке составляли $68,6$ МПа, при опрокидывании кузова - $87,1$ МПа.

5. В результате проведенных исследований установлена степень влияния на нагруженность несущей системы щеповоза габаритных размеров, конструктивных параметров, а также массы перевозимой технологической щепы. Наиболее значительное влияние изменение компоновочных параметров каркаса оказывает на нагруженность элементов верхней обвязки. Так, при увеличении высоты с $2,0$ до $2,6$ м максимальные напряжения в элементах верхней обвязки возрастают с $35,5-46,8$ МПа до $49,8-60,8$ МПа. Увеличение габаритной ширины кузова с $2,2$ до $2,6$ м приводит к снижению напряжений в среднем на $15,2-21,4$ %. Увеличение длины кузова с $5,0$ до $6,0$ м приводит к возрастанию напряжений в нижней обвязке в $1,2-1,4$ раза. Изменение габаритной высоты кузова не оказывает влияния на напряженное состояние лонжеронов. Увеличение расстояния между лонжеронами с $0,5$ до $1,8$ м приводит к снижению нагруженности нижнего контура обвязки и не оказывает влияния на напряженное состояние верхнего контура обвязки. Эффективным, с точки зрения нагруженности и экономии металла, является применение типоразмера швеллера для конструкции каркаса с моментом инерции J_y , находящимся в пределах $170 \cdot 10^{-8} - 320 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$. Рациональным расстоянием установки поперечин, с точки зрения нагруженности, является размер вдоль оси X - $1,415$ м. Исключение из конструкции кузова средней поперечины отрицательно сказывается на напряженно-деформированное состояние кузова и приводит к резкому возрастанию уровня напряжений (до 180 МПа). Наиболее интенсивный рост напряжений в элементах конструкции кузова происходит при увеличении массы перевозимой технологической щепы от 4000 кг до 8000 кг. Дальнейшее возрастание нагрузки не приводит к значительному росту нагруженности.

Увеличение толщины листовой обшивки каркаса более 2 мм

не приводит к существенному изменению напряженно-деформированного состояния несущего кузова щеповоза. Рациональные значения толщины листовых элементов находятся в пределах 1,8-2,3 мм.

6. Анализ нагруженности кузова щеповоза ОНЦ-54 показал, что наиболее нагруженным элементом конструкции является верхняя обвязка. Максимальные напряжения в транспортном положении кузова составляют 68,6 МПа. В целом конструкция нагружена незначительно и имеет большой запас прочности.

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие рекомендации, направленные на снижение металлоемкости и повышение прочности кузова щеповоза ОНЦ-54: изменить профиль оечения лонжерона и крайних поперечин, применив вместо коробчатого сечения размером 120x104x5 мм одинарный швеллер, зашитый листом размером 120x52x5 мм; применить для верхней обвязки швеллер с моментом инерции $J_y = 174 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ вместо швеллера с $J_y = 304 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$; изменить ориентацию швеллера верхнего контура обвязки относительно исходного расположения поворотом на 90° ; изменить места расположения крайних поперечин, применив их симметричное расположение с координатой по оси Z 1,415 м и 4,245 м; исключить из конструкции среднюю верхнюю поперечину и боковые раскосы; применить для опирания кузова на тягач по две опоры с каждой стороны нижнего пояса обвязки, исключив из конструкции кузова среднюю точку опирания.

7. Долговечность конструкции кузова щеповоза каркасного типа в 1,7-2,1 раза выше по сравнению с безрамным типом кузова. Практические рекомендации позволили снизить металлоемкость автопоезда-щеповоза на 400 кг.

8. Годовой фактический экономический эффект составил 2690 рублей на один автопоезд-щеповоз.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Макаревич С.С., Мохов С.П., Шишло В.П. Применение метода конечных элементов при оценке нагруженности рам автомобильных прицепных средств // Механизация лесозаготовок и транспорт леса. - Минск, 1984. - Вып. 14. - С. 96-99.

2. Жуков А.В., Мохов С.П., Макаревич С.С. и др. Анализ напряженного состояния и оценка конструкций рам прицепных средств МАЗ // Автомобильное производство. - 1985. - № 7. - С. 15-19.

3. Жуков А.В., Мохов С.П., Гороновский А.Р. и др. Методика динамического расчета несущих конструкций прицепных средств // Тез. докл. всесоюзн. научно-техн. совещания. - М., 1986. - С. 79-81.

4. Мохов С.П., Гороновский А.Р., Асмоловский М.К. Методика оценки напряженно-деформированного состояния несущей системы полуприцепа для перевозки технологической щепы // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. - Минск, 1987. - Вып. 2. - С. 45-48.

5. Жуков А.В., Гороновский А.Р., Мохов С.П. К расчету надежности грузонесущих конструкций лесных машин // Лесной журнал. - 1989. - № 3. - С. 31-37.

6. Жуков А.В., Гороновский А.Р., Мохов С.П. и др. Прогнозирование ресурса несущих конструкций транспортных средств // Обзорная информация. - Минск, 1990. - 40 с.

7. Жуков А.В., Мохов С.П., Асмоловский М.К. Оценка показателей надежности несущих кузовов щеповоза // Тез. докл. научно-техн. конф. - Минск, 1990. - С. 29-30.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями просим прислать по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, БТИ, Ученый совет.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И СНИЖЕНИЕ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ
НЕСУЩИХ СИСТЕМ КОЛУМПИЦЕЛОВ-ЩЕПОВОЗОВ

Мохов Сергей Петрович

Подписано в печать 11.11.90. Формат 60x84¹/16. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1,17. Усл.кр.-отт. 1,17. Уч.-изд.л. 1.

Тираж 100 экз. Заказ 567. Бесплатно.

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени технологический
институт им.С.М.Кирова. 220630. Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на ротапринте Белорусского ордена Трудового
Красного Знамени технологического института им.С.М.Кирова.

220630. Минск, Свердлова, 13.