

АНАЛИЗ НАГРУЗОК НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ ЗАХВАТА ЛЕСНОЙ МАШИНЫ

В. Ф. Полетайкин, Е. В. Авдеева, Д. Е. Шпагин, Н. Л. Ровных, Н. В. Сухенко

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

Вопросы совершенствования конструкций и повышения надежности отечественных лесосечных и лесотранспортных машин являются актуальными. Для повышения надежности лесных машин требуется проведение комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. На основе уравнения тягового баланса разработаны математические модели эксплуатационных режимов системы «лесопогрузчик-груз» для трех вариантов работы: при движении по площадке без уклона, при движении на спуск и на подъем. Для моделирования влияния эксплуатационных факторов на величину касательной силы и оптимизации параметров механизма поворота применен метод покоординатного спуска. Определено влияние коэффициентов сцепления, сопротивления движению и угла уклона погрузочной площадки на величину свободной силы тяги, расходуемой на преодоление сил сопротивления внедрению захвата в штабель. С целью проверки адекватности разработанных ранее математических моделей и достоверности результатов математического моделирования режимов работы проведены экспериментальные исследования захвата лесопогрузчика перекидного типа. В качестве объекта экспериментальных исследований был принят лесопогрузчик класса 35 кН. В статье рассмотрены методика и результаты экспериментальных исследований нагрузок на элементы конструкции захвата.

Ключевые слова: лесные машины, захваты, механизм поворота, динамические нагрузки.

Conifers of the boreal area. 2021, Vol. XXXIX, No. 6, P. 492–495

ANALYSIS OF LOADS ON THE STRUCTURAL ELEMENTS OF A FOREST MACHINE

V. F. Poletaikin, E. V. Avdeeva, D. E. Shpagin, N. L. Rovnykh, N. V. Suhenko

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

The issues of improving the designs and increasing the reliability of domestic logging and timber transport machines are relevant. To improve the reliability of forest machines, it is necessary to carry out comprehensive research and development work. Based on the traction balance equation, mathematical models of operating modes of the “logger-load” system have been developed for three operation options: when driving on the site without a slope, when driving downhill and on the rise. To simulate the influence of operating factors on the magnitude of the tangential force and to optimize the parameters of the swing mechanism, the coordinate descent method was used. The influence of the coefficients of adhesion, resistance to movement and the slope angle of the loading area on the amount of free traction force spent on overcoming the forces of resistance to the penetration of the gripper into the stack has been determined. In order to check the adequacy of the previously developed mathematical models and the reliability of the results of mathematical modeling of operating modes, experimental studies of the capture of a flip-type timber loader were carried out. A 35 kN class log loader was adopted as the object of experimental research. The article discusses the methodology and results of experimental studies of loads on the elements of the gripper structure.

Keywords: forest machines, grippers, swing mechanism, dynamic loads.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы совершенствования конструкций и повышения надежности отечественных лесосечных и лесотранспортных машин являются актуальными. Для повышения надежности лесопогрузчиков перекидного типа требуется проведение комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию эффективных конструкций механизмов поворота захвата. В работах [1; 3] на основе уравне-

ния тягового баланса лесопогрузчика разработаны математические модели и выполнено моделирование эксплуатационных режимов системы «лесопогрузчик-груз» для трех вариантов работы: при движении по площадке без уклона, при движении на спуск и на подъем. С целью проверки адекватности математических моделей и достоверности результатов математического моделирования режимов работы проведены экспериментальные исследования нагрузок на

элементы захвата лесопогрузчика перекидного типа. В качестве объекта экспериментальных исследований был выбран лесопогрузчик класса 35 кН. Экспериментальные исследования проводились в Верхне-Бирюсинском лесничестве Учебно-опытного лесхоза СибГУ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе экспериментальных исследований проводились измерения нагрузок на элементы конструкции лесопогрузчика при внедрении захвата в беспрокладочный штабель круглых лесоматериалов. Высота штабеля составляла 1,8 метра, глубина – 8 метров. Торцы бревен были выровнены. Под воздействием осадков несущая способность грунтов изменялась, вследствие чего изменялись условия движения лесопогрузчика. Тип и состояние опорной поверхности можно было охарактеризовать как грунтовая дорога в период распутицы и целина летом, увлажненная до пластичного состояния. Уклон погрузочной площадки составлял 7 градусов.

В процессе экспериментальных исследований измерялись и регистрировались следующие величины:

1. Давление в нагнетательных трубопроводах гидроцилиндров привода механизма поворота нижней челюсти захвата.

2. Напряжения в элементах конструкции нижней челюсти захвата.

Для проведения экспериментальных исследований была скомплектована информационно-измерительная система (ИИС) (рис. 1). Основой ИИС является персональный компьютер с тактовой частотой 550 МГц. Компонентами ИИС являются плата аналого-цифрового преобразования (АЦП) L-154, тензометрический усилитель, тензометрические датчики, преобразователь давления МП-22517. Используемые измерительные приборы были тарированы и обеспечивали необходимую точность измерений. Вероятная относительная погрешность составила не более 1 %. Преобразователь давления был установлен на балке стрелы и включен в трубопровод штоковой полости гидроцилиндра (рис. 2). Тензорезисторы наклеивались на подготовленные места на боковинах нижней челюсти для измерения нормальных напряжений и на связи нижней челюсти лесопогрузчика между фланцем и боковиной для нахождения касательных напряжений в конструкции (рис. 3).

С преобразователя давления МП-22517 снималось напряжение, которое поступало на плату аналого-цифрового преобразователя L-154. Сигналы с диагоналей тензометрических мостов поступали на тензоусилитель, далее на каналы платы аналого-цифрового преобразователя и записывались на жесткий диск компьютера. Запись результатов экспериментальных исследований осуществлялась блоками в программе «PowerGraph», предназначенной для регистрации, обработки и хранения аналоговых сигналов, записанных с помощью аналого-цифровых преобразователей. Каждый блок это непрерывный набор данных, полученных для каждого канала записи. Записи на осциллограммах отражают процесс в функции

времени, ось времени располагается вдоль осциллограммы и является абсциссой графика, изменение исследуемого процесса записано по ординате (рис. 4). Обработка полученных экспериментальных данных осуществлялась следующим образом:

– с помощью модуля послесекансовой обработки программы «PowerGraph» полученный сигнал очищался от помех; ординаты осциллограмм, соответствующие нормальному (σ_n), касательному (σ_c) напряжениям или давлению (P) при максимальной силе тяге, а следовательно при максимальной силе отпора штабеля, найденные с помощью инструментов программы «PowerGraph» копировались в табличный процессор Excel;

– полученные массивы данных умножались на соответствующие тарировочные коэффициенты для преобразователя давления и тензорезисторов и получалось, соответственно, давление в штоковых полостях гидроцилиндров или напряжения в сечениях боковины и связи нижней челюсти.

В результате обработки полученных экспериментальных данных, найдены усилия на штоках гидроцилиндров и изгибающий момент в сечении, а также крутящий момент, действующий на связь нижней челюсти. Сила сопротивления внедрению определялась из уравнений равновесия системы относительно оси вращения захвата.

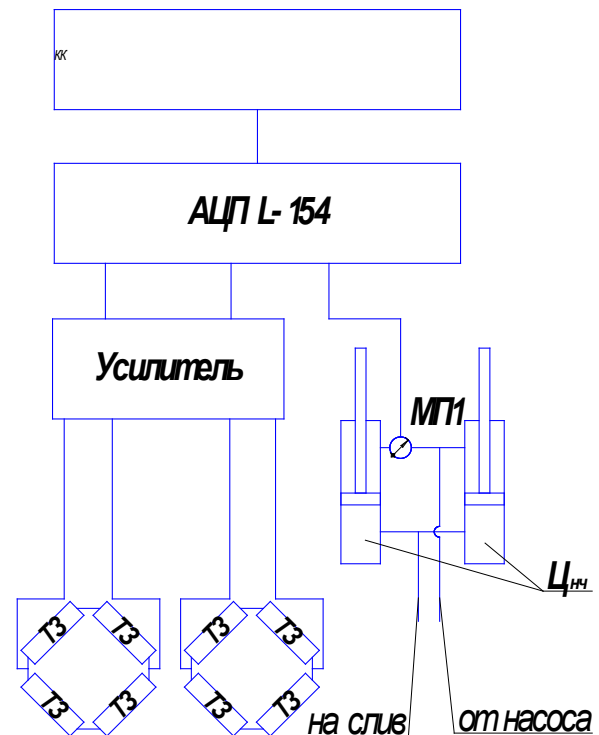


Рис. 1. Блок-схема информационно-измерительной системы:

МП1 – преобразователь давления МП-22517;
ТЗ – тензорезистор; Ц_{нн} – гидроцилиндры привода поворота захвата



Рис. 2. Установка преобразователя давления МП-22517 в гидросистему

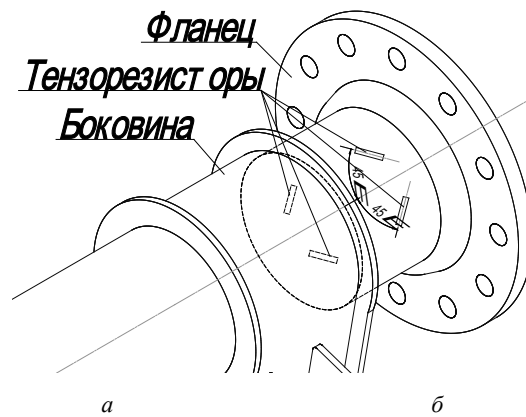


Рис. 3. Схема установки тензорезисторов:
 а – на боковину нижней челюсти; б – на участок связи нижней челюсти

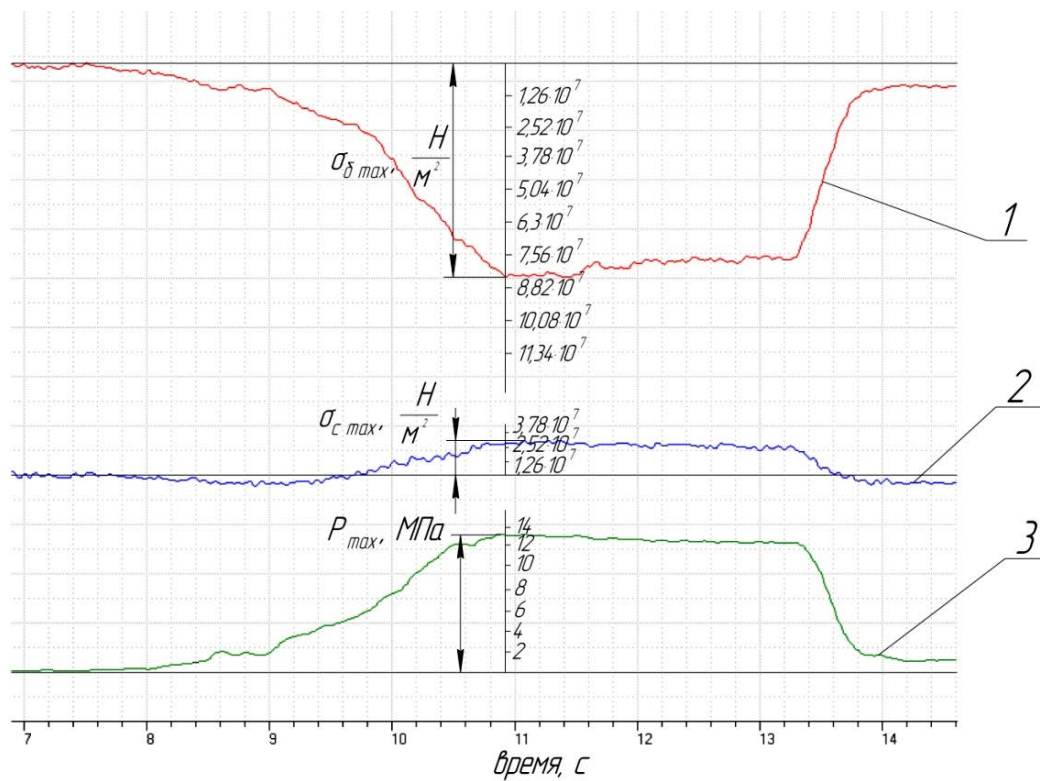


Рис. 4. Фрагменты осциллограмм нагрузок в режиме внедрения захвата в штабель:
 1 – сигнал от тензометрического моста на боковине нижней челюсти; 2 – сигнал от тензометрического моста на связи нижней челюсти; 3 – сигнал от преобразователя давления МП – 22517

Экспериментальные исследования подтвердили выводы теоретических исследований о величине нагрузок на элементы конструкции захвата лесной машины в процессе внедрения захвата в штабель. Расхождение результатов не превышает 14,8 %. На рис. 5 приведены зависимости изменения силы сопротивления внедрению при варьировании коэф-

фициента сцепления, сопротивления движения при разных углах уклона погрузочной площадки. Точками отмечены силы сопротивления внедрению захвата в штабель, полученные в результате экспериментальных исследований.

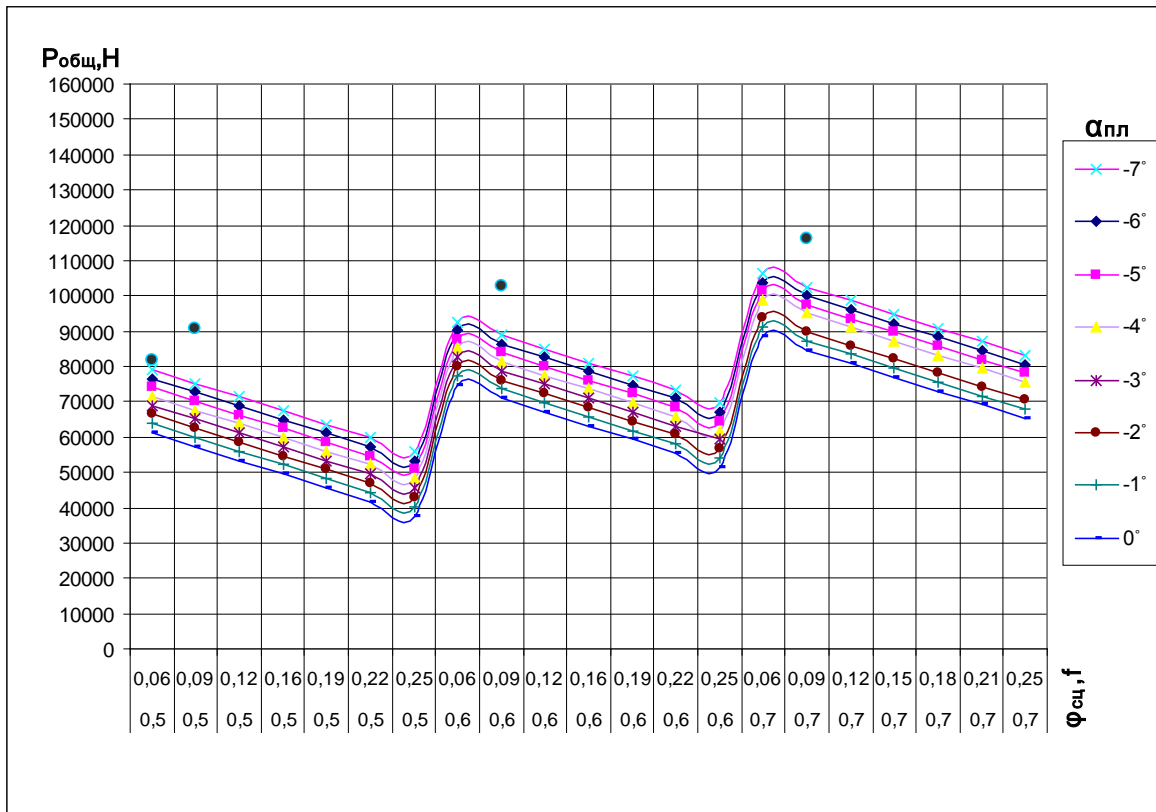


Рис. 5. Сравнение данных теоретических и экспериментальных исследований

ВЫВОДЫ

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований обоснованы оптимальные параметры рычажного механизма поворота нижней челюсти с учетом инерционных нагрузок, а также конструктивных и технологических ограничений.

2. Экспериментальными исследованиями установлено, что математическое описание сил сопротивления внедрению с помощью уравнения тягового баланса достоверно отражает величины нагрузок, действующих в процессе внедрения захвата в штабель, расхождение не превышает 14,8 %, что позволяет сделать вывод об адекватности математических моделей и достоверности полученных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Полетайкин В. Ф. Прикладная механика лесных подъемно-транспортных машин [Текст] : монография ; СибГТУ. Красноярск, 2010. 247 с.

2. Полетайкин В. Ф. Проектирование специальных лесных машин [Текст] : учеб. пособие для студентов спец. 170401 всех форм обучения ; СибГТУ. Красноярск, 2011. 282 с.

3. Аверьянов В. С. Совершенствование механизма поворота нижней челюсти захвата перекидного лесопогрузчика // Вестник КрасГАУ. 2006. Вып. 13. С. 475–480.

REFERENCES

1. Poletaykin V. F. Applied mechanics of forest lifting and transport machines [Text] : Monograph ; SibSTU. Krasnoyarsk, 2010. 247 p.

2. Poletaikin V. F. Designing special forest machines [Text] : a textbook for students of specialty 170401 of all forms of education ; SibSTU. Krasnoyarsk, 2011. 282 p.

3. Averyanov V. S. Vestnik KrasGAU. 2006. Issue 13. P. 475–480.

© Полетайкин В. Ф., Авдеева Е. В., Шпагин Д. Е., Ровных Н. Л., Сухенко Н. В., 2021