

## Программа-методика проведения испытаний макетного образца защитной рамы кабины колесного трелевочного трактора

А. В. Питухин<sup>1</sup>  
И. Г. Скобцов  
Д. А. Хвоин

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

В статье изложена методика проведения экспериментальных исследований модели устройства защиты кабины колесного трелевочного трактора Онежского тракторного завода.

**Ключевые слова:** колесный трелевочный трактор, устройство защиты при опрокидывании, экспериментальные исследования.

### SUMMARY

This paper contains the methodology of doing the experimental research of the model of wheeled skidder's roll-over protective structure, that was made at Onego Tractor Plant.

**Keywords:** wheeled skidder, roll-over protective structure, experimental research.

### ВВЕДЕНИЕ

Целью исследований является оценка эффективности устройства защиты кабины (защитной рамы) колесного лесозаготовительного трактора при его опрокидывании. Задачи исследований состоят в построении зависимости «усилие – деформация» и определении энергии, поглощаемой устройством защиты при боковом нагружении. Объект испытаний – макетный образец защитной рамы кабины колесного трелевочного трактора, выполненный в уменьшенном масштабе (М 1:4). Схема макетного образца защитной рамы представлена на рисунке 1.

### УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводятся в лаборатории механики Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ). В перерывах между нагружениями не допускается какой-либо ремонт или правка деформированных деталей объекта испытаний. Характеристики «деформация – усилие» определяют приложением боковой нагрузки к верхнему продольному элементу защитной рамы.

Установка для испытаний должна позволять регистрировать следующие параметры:

– усилие, прикладываемое к устройству защиты;

– линейные деформации в точке приложения нагрузки.

Погрешность измерений – в соответствии с указанной в таблице 1.

Таблица 1  
Погрешность измерений показателей

Измеряемый показатель	Погрешность измерений	
	абсолютная	относительная, %
Линейные деформации, мм	$\pm 1$	не более $\pm 5$ максимального значения
Усилие, Н	–	$\pm 5$

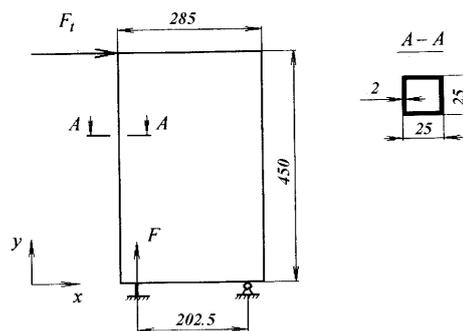


Рис. 1. Схема макетного образца защитной рамы

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЯ НАГРУЗКИ

Макетный образец устройства защиты устанавливается на стенде с помощью специального приспособления (рис. 2), жесткость которого в вертикальной плоскости значительно превышает жесткость макета защитного устройства.

В качестве испытательного стенда используется разрывная машина Р-5, которая служит для определения механических свойств материалов, а также для испытаний деталей, сборочных единиц и изделий путем повреждения или разрушения.

Разрывная машина имеет нагружающее устройство и измерительные приборы. Нагружающее устройство механическое с несколькими постоянными скоростями деформирования. Измерительные приборы механические рычажно-маятниковые, регистрируют усилия и деформации на различных стадиях испытаний; имеется диаграммный аппарат, записывающий процесс в координатах «нагрузка — деформация». Пределы измерения усилий: до  $10^4$  Н (по шкале А). Погрешности показаний приборов для измерения усилия  $\pm 1$  %, а погрешность записи на диаграммном аппарате  $\pm 2$  %. Кинематическая схема разрывной машины Р-5 представлена на рисунке 3.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводятся по программе-методике, разработанной на лесоинженерном факультете ПетрГУ.

<sup>1</sup> Авторы – соответственно профессор, доцент и аспирант кафедры технологии металлов и ремонта.  
© Питухин А. В., Скобцов И. Г., Хвоин Д. А., 2010

Изготовление макетных образцов защитного каркаса, а также приспособлений для его установки на стенде производится в лаборатории сварки и лаборатории станков кафедры технологии металлов и ремонта ПетрГУ.

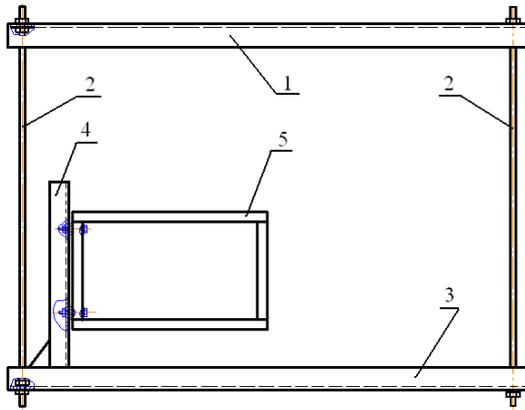


Рис. 2. Схема приспособления для установки объекта испытаний на стенд:

1 – верхний швеллер; 2 – боковые тяги; 3 – нижний швеллер; 4 – вертикальный швеллер; 5 – макетный образец защитной рамы

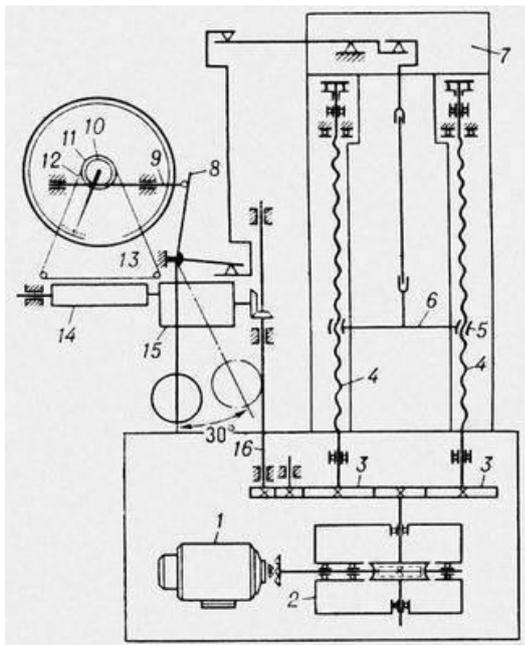


Рис. 3. Кинематическая схема разрывной машины Р-5: 1 – электродвигатель; 2 – силовой редуктор; 3 – цилиндрические шестерни; 4 – вращающиеся винты; 5 – гайки подвижной траверсы; 6 – подвижная траверса; 7 – неподвижная траверса; 8 – поводок; 9 – рейка; 10 – шестерня реечной передачи; 11 – шкив; 12 – трос; 13 – перо; 14 – барабан лентопротяжного механизма; 15 – редуктор масштаба записи; 16 – валик

Определение твердости материалов для изготовления макетных образцов защитного каркаса производится в

лаборатории материаловедения кафедры технологии металлов и ремонта ПетрГУ.

Определение других механических свойств, а также нагружение макетного образца производится в лаборатории механики ПетрГУ.

### ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

Программа испытаний предусматривает оценку энергопоглощающих свойств защитного каркаса кабины трелевочного трактора и включает определение следующих основных параметров:

- линейной деформации  $\Delta$ ;
- усилия, прикладываемого к устройству защиты F;
- потенциальной энергии деформирования U.

Испытания проводятся согласно календарному плану (таблица 2).

Таблица 2

Календарный план испытаний

№ п/п	Содержание выполняемых работ	Срок исполнения
1	Проработка схемы крепления макетного образца. Написание программы испытаний	Сентябрь 2009 г.
2	Изготовление макетных образцов защитной рамы (в масштабе 1:4). Изготовление кронштейна и других приспособлений для установки макетного образца на стенд	Октябрь – ноябрь 2009 г.
3	Подготовка стенда и крепежных деталей. Проверка измерительной и регистрирующей аппаратуры. Написание методики испытаний	Декабрь 2009 г.
4	Проведение пробных испытаний (измерений) одного из макетных образцов защитной рамы	Январь 2010 г.
5	Корректировка документации, доводка и модернизация приспособлений (при необходимости)	Февраль 2010 г.
6	Проведение испытаний согласно программе-методике	Март – апрель 2010 г.
7	Обработка результатов испытаний, анализ полученных данных, оформление отчета	Май – июнь 2010 г.

### МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Согласно ГОСТ Р 51863-2002 [1], устанавливающему требования безопасности, лесозаготовительные машины должны быть оборудованы устройствами защиты от опрокидывания по ГОСТ Р ИСО 8082-99, падающих предметов по ГОСТ Р ИСО 8083-99 и проникающих предметов по ГОСТ Р ИСО 8084-99 [2–4], отвечающим требованиям к объему ограничения деформации по ГОСТ Р ИСО 3164-99 [5]. Методика испытаний предусматривает расчетную оценку эффективности защитного устройства [6–8], что позволит на стадии

проектирования и доводки определить его соответствие нормативным требованиям безопасности.

Нагрузка  $F$  при боковом нагружении прикладывается к верхнему продольному элементу макета защитного устройства и увеличивается до достижения предельного значения  $F_{np}$ . Предельная нагрузка определяется по условию достижения каким-либо элементом объекта испытаний или элементом крепления объекта испытаний предельного состояния, т. е. разрушения. Таким образом, имитируется процесс постепенного деформирования защитной рамы и элементов крепления при нагружении. При незначительной скорости приложения нагрузки деформацию устройства защиты при опрокидывании можно рассматривать как статическую. Значения усилий  $F$  и деформации  $\Delta$  в точке приложения нагрузки регистрируются и наносятся на соответствующий график по мере увеличения деформации. Нагрузка на устройство защиты должна быть непрерывной. Полученная площадь под результирующей кривой «усилие – деформация» равна поглощенной энергии (рис. 4). При расчете значений энергии используются фактические значения деформации по линии действия прилагаемого усилия в средней точке приложения нагрузки

$$U = \frac{\Delta_1 F_1}{2} + (\Delta_2 - \Delta_1) \left( \frac{F_1 + F_2}{2} \right) + \dots + (\Delta_N - \Delta_{N-1}) \left( \frac{F_{N-1} + F_N}{2} \right)$$

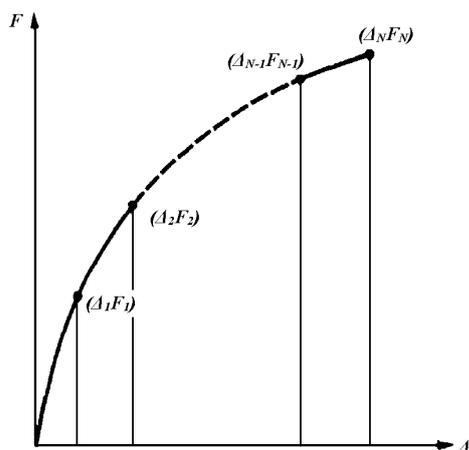


Рис. 4. Зависимость «деформация – усилие» при боковом нагружении

#### МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

По результатам измерений  $\Delta_{ij}$  и  $F_{ij}$  рассчитываются значения поглощаемой макетом защитного устройства энергии  $U_i$  ( $i$  – номер опыта,  $i = 1 \dots n$ ;  $j$  – номер измерения в  $i$ -м опыте,  $j = 1 \dots N$ ).

По результатам расчетов определяются оценки математического ожидания и дисперсии поглощенной энергии.

Выборочная средняя оценка математического ожидания поглощенной энергии

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n},$$

где  $n$  – число опытов.

Оценка дисперсии поглощенной энергии

$$\sigma_U^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2.$$

Завершающим этапом обработки результатов испытаний является построение доверительных интервалов для математического ожидания и дисперсии поглощенной энергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р 51863-2002. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности.
- ГОСТ Р ИСО 8082-99. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты при опрокидывании. Требования безопасности и методы испытаний.
- ГОСТ Р ИСО 8083-99. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты от падающих предметов. Требования безопасности и методы испытаний.
- ГОСТ Р ИСО 8084-99. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Устройство защиты оператора. Требования безопасности и методы испытаний.
- ГОСТ Р ИСО 3164-99. Машины землеройные. Защитные устройства. Характеристика объема ограничения деформации при лабораторных испытаниях.
- Питухин А. В. Оценка вероятности безотказной работы элементов конструкций с трещиноподобными дефектами / А. В. Питухин, И. Г. Скобцов, Д. А. Хвоин // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. 2009. № 9 (103). С. 85–87.
- Питухин А. В. Расчетная оценка напряженно-деформированного состояния устройства защиты оператора при опрокидывании колесного трактора / А. В. Питухин, И. Г. Скобцов, Д. А. Хвоин // Безопасность критических инфраструктур и территорий: Материалы III Всероссийской конференции и XIII Школы молодых ученых. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С. 298–299.
- Питухин А. В. Оценка эффективности защитного каркаса кабины колесного трелевочного трактора / А. В. Питухин, И. Г. Скобцов, Д. А. Хвоин // Современные технологии в машиностроении: Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2009. С. 154–156.