

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОРФЯНЫХ МАШИН

Передвижение торфяных машин осложнено наличием неровностей в виде кочек и пней, высокой влажностью залежи на отдельных участках и, наконец, деформируемостью торфяной залежи. Все это существенно ухудшает проходимость торфяных машин по сравнению с машинами, перемещающимися по ровному твердому грунту. Целью испытаний является выбор наиболее рационального варианта рамы с точки зрения ее прочности, минимального веса и технологичности конструкции.

Die Verschiebung der Torfmaschinen wird von vielen Schwierigkeiten, die vom Vorhandensein der Ungleichmäßigkeit als die Erdhäufchen und der Baumstümpfe herbeigerufen sind, der hohen Feuchtigkeit des Sumpfes auf den abgesonderten Grundstücken und, endlich, der Verformbarkeit des Torfsumpfes begleitet. Das alles verschlimmert die Passierbarkeit der Torfmaschinen im Vergleich zu den Maschinen, die nach dem ebenen festen Boden versetzt werden. Ein Ziel der Teste ist die Wahl der rationalsten Variante des Rahmens im Sinne ihrer Haltbarkeit, des minimalen Gewichts und der Fertigungsgerechtigkeit der Konstruktion.

Речь пойдет об исследованиях динамики и прочности рамных конструкций. Полученные результаты и выводы носят не только частный характер, но и служат примером выполнения современных проектно-исследовательских работ, без которых весьма проблематично создать современное механическое оборудование.

Основные задачи проектирования следующие:

- обеспечение минимальных затрат на изготовление и поддержание серийно выпускаемых машин в работоспособном состоянии путем совершенствования конструкций торфяных машин и службы технической эксплуатации;

- обеспечение минимальных затрат на создание, эксплуатацию и ремонт новых машин путем оптимального сочетания показателей надежности и других свойств, определяющих эффективность их работы.

Технологический процесс добычи торфа и производства торфяного топлива - процесс сложный и многооперационный. В связи с обслуживанием значительных площадей, необходимых для операций сушки добытого и переработанного торфа и его

последующей уборки с этих полей, торфяные машины не стационарны в работе, а всегда подвижны.

Качественные характеристики торфяной залежи (пнистость, предельное напряжение сдвига, влажность, плотность и т.д.) сильно влияют на нагруженность рабочего органа и трансмиссии машины. Из-за неравномерности этих нагрузок увеличивается износ узлов и деталей техники. Кроме того, во время эксплуатации возможно возникновение резонансных явлений, которые могут привести к высоким, по отношению к номинальным, напряжениям и ко многим другим нежелательным явлениям.

Профиль поверхности картовых полей оказывает одно из решающих воздействий на раму машины (саму машину). При определении динамических нагрузок рабочих органов и ходовых устройств торфяных машин данные об изменении профилей поверхности полей являются исходной первичной информацией [2].

Вопросы повышения прочности и снижения веса рамных конструкций в машиностроении приобрели весьма серьезное значение. С уменьшением веса машины

уменьшаются затраты мощности на ее собственное передвижение и, что особенно важно для машин, транспортирующих торф, увеличивается грузоподъемность. Создание облегченных конструкций торфяных машин является необходимым вкладом в обеспечение торфяной промышленности экономичной, высокопроизводительной техникой [1]. Но создание высокопроизводительных и надежных машин связано с решением целого ряда задач. Прогнозирование надежности торфяных машин на стадии проектирования является актуальной задачей. Точность решения данной задачи определяется тем, насколько величина и характер нагрузки, принимаемой при прочностном расчете элементов конструкции, соответствует действительности [3].

Основной несущей частью металлоконструкции является рама машины. На ней монтируются все агрегаты и узлы машины, и она воспринимает все усилия, действующие на машину в условиях эксплуатации. Точный учет этих усилий при расчете представляет собой чрезвычайно сложную задачу, вследствие чего размеры поперечных сечений элементов рамы часто назначаются без достаточного расчетного обоснования.

Расчет конструкций торфяных машин выполнялся методом конечных элементов при помощи модуля APM Structure-3D, который входит в состав системы APM WinMachine. APM Structure-3D представляет собой универсальную систему для расчета стержневых, пластинчатых, оболочечных, твердотельных, а также смешанных конструкций.

При расчете рамы машины задавалась конструкция, т.е. ввод с помощью редактора геометрии конструкции, расстановка опор, задание для каждого стержня поперечного сечения и параметров материала стержней (предел текучести, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, плотность).

Рама была смоделирована набором стержневых элементов, а разбивка на конечные элементы проводилась автоматически. В каждом сечении число конечных элементов достигало 3200, а по длине каждый из элементов сборки разбивался на 30

линейных участков, что обеспечивало достаточный уровень точности. Учет собственного веса рамы проводился автоматически благодаря функции, встроенной в модуль APM Structure-3D.

Для проведения расчета необходимо приложить к конструкции внешнюю нагрузку. Допускается нагрузка (силы и моменты), приложенная к узлам конструкции силы, а также сосредоточенная и распределенная нагрузка (силы и моменты), приложенная к стержням, давление на пластину и ветровая нагрузка, а также начальные перемещения, приложенные к узлам конструкции и осадка опор.

В узлах рамы были приложены сосредоточенные силы, компенсирующие воздействие на раму всей остальной конструкции (транспортеров, кузова с торфом и т.д.), при этом учитывался собственный вес рамы.

В результате расчетов были получены следующие данные:

- нагрузки на концах элементов конструкции;
- карта напряжений по длине стержней и по поверхности пластин и оболочек конструкции;
- деформации произвольной точки;
- карта распределения напряжений в произвольном сечении стержня;
- эпюры изгибающих и крутящих моментов, поперечных и осевых сил и т.д. для отдельного стержня и для конструкции в целом;
- коэффициент запаса устойчивости конструкции по Эйлеру;
- напряженно-деформированное состояние конструкции при больших перемещениях (геометрически нелинейная задача);
- изменение напряженно-деформированного состояния конструкции под действием произвольно меняющихся во времени нагрузок;
- перемещения узлов конструкции (линейные и угловые);
- напряжения, действующие в стержнях, пластинах и объемных элементах;
- реакции (силы и моменты), действующие в опорах конструкции;

- масса всей конструкции;
- расчетные параметры, характерные для отдельной балки (моменты изгиба, кручения, боковые и осевые силы, углы изгиба, закручивания, деформации и напряжения по длине балки).

Исследования позволяют выделить опасные сечения, наиболее нагруженные элементы рамы и провести прочностной анализ конструкции уже на стадии проектирования. Появляется возможность уменьшить металлоемкость конструкции, гарантировав необходимую прочность и долговечность. Результаты исследования во многом зависят от адекватности приложения нагрузки, как по величине, так и по характеру. Безусловно, определяющее влияние на прочность рамы и ее отдельных узлов ока-

зывают динамические нагрузки. Расчеты при конструировании обеспечивают достаточную прочность деталей при статическом нагружении или эпизодических динамических перегрузках, но не гарантируют их усталостную прочность при длительном воздействии переменных нагрузок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.С. Исследование напряжений и основы расчета элементов рамы гусеничных торфяных машин (на примере торфостилочной машины ЭСМ-8А): Автореф. канд. техн. наук. Калинин, 1968.
2. Караваева Н.М. Автоматическое управление и динамика энергомеханических структур торфяных машин. М.: Недра, 1975.
3. Фомин К.В. Элементы статической динамики торфяных машин: Учеб. пособие. Тверь, 2001.

Научный руководитель д-р техн. наук проф. *К.В. Фомин*