

УДК 833.06

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МОБИЛЬНОГО ГРУЗОПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА

Д. М. МАКАРЕВИЧ, С. Д. МАКАРЕВИЧ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Проведение аварийно-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций требует применения грузоподъемной техники. Мобильные краны выполняют в этом ключевую роль, однако их использование в стесненных условиях может быть затруднено, и при необходимости проведения работ под завалами требуются компактные грузоподъемные устройства. Одним из таких средств может выступать мобильное устройство, предназначенное для поднятия грузов из глубины, опускания и подъема людей при работе в шахтах или колодцах. Устройство состоит из механизма подъема, несущей части, представляющей собой треногу, блока, крюка, подъемного каната.

Целью работы является исследование напряженно-деформированного состояния несущей части устройства для поднятия грузов. В конструктивном исполнении несущая часть представляет собой пространственную раму, состоящую из трех телескопических ног, соединенных с оголовком в виде пластины. Верхняя часть ног выполнена из алюминиевого сплава, нижняя – из стали. Опираемость треноги осуществляется при помощи самоустанавливающихся в одной плоскости лап, расположенных в нижней части ног. Передача веса поднимаемого груза происходит через подпятник блока непосредственно на пластину и далее на опорные ноги.

Расчет несущей способности проводился для наиболее неблагоприятного варианта нагружения. Этот вариант реализуется в том случае, когда набегающая и сбегаящая ветви подъемного каната расположены вертикально и при этом суммарная нагрузка на несущую часть будет равна удвоенному весу поднимаемого груза.

На начальном этапе было проанализировано напряженно-деформированное состояние двух несущих конструкций, отличающихся местом установки направляющего блока. В первом варианте блок устанавливался не по центру сверху пластины, и в ней выполнялось отверстие для пропускания каната. Второй вариант предполагал центральную установку блока снизу пластины. Анализ показал, что предпочтительным, с позиции нагруженности, является второй вариант, при котором происходит равномерное распределение нагрузок по опорным ногам. Этот вариант был выбран в качестве базового для дальнейшего исследования.

Расчет проводился с использованием метода конечных элементов для следующих условий:

- нагружение статическое;

- удвоенная сила тяжести груза (20 кН) действует вертикально;
- толщина верхней стальной пластины – 10 мм;
- сечение ног прямоугольное коробчатое (верхняя алюминиевая часть – 30×50 мм, нижняя стальная часть – 25×45 мм, толщина стенок ног – 2,5 мм).

Уровень максимальных напряжений в пластине составил около 300 МПа, в ногах – не более 12 МПа. Значения деформаций составили: для пластины – 0,74 мм, для алюминиевой части ног – 0,43 мм, для стальной – 0,12 мм.

Для ответственных конструкций расчет на прочность необходимо вести по допускаемым напряжениям. Приняв коэффициент запаса, равный трем, получаем значения допускаемых напряжений для элементов конструкции:

- для стали – 80 МПа;
- для алюминиевого сплава – 60 МПа.

Результаты вычислений показали, что часть конструкции (пластина) работает за пределом допускаемых напряжений, а ноги имеют пятикратный запас прочности. Это сделало целесообразным проведение оптимизационного расчета для подбора конструктивных размеров элементов. В качестве факторов варьирования были приняты:

- толщина пластины;
- ширина поперечного сечения алюминиевой части ног;
- высота поперечного сечения алюминиевой части ног.

Целевой функцией является объем, т. к. конструкция состоит из материалов различной плотности, функцией штрафа – величина допускаемых напряжений.

В результате выполнения оптимизационного расчета по критерию прочности получены следующие значения факторов варьирования:

- толщина пластины – не менее 19,7 мм;
- ширина поперечного сечения алюминиевой части ног – 15 мм;
- высота поперечного сечения алюминиевой части ног – 20 мм.

При этом происходит снижение объема конструкции с 0,0025 до 0,00112 м³, т. е. почти в 2,5 раза, а уровень напряжений в элементах не превышает допускаемых значений. Расчет по критерию устойчивости формы конструкции также показал достаточный запас.

Таким образом, мобильное устройство для поднятия грузов может безопасно эксплуатироваться в реальных условиях при рассмотренных параметрах нагружения.

