

УДК 622.673.1

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЕЗНЫХ БАРАБАНОВ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

*Соснина Е.Н., Заболотный К.С., Жупиев А.Л.  
Национальный горный университет, Днепрпетровск*

*Рассмотрены конструкции шахтных подъемных машин. Исследованы несколько видов подкреплений разрезного барабана шахтной подъемной машины ЦР бх3,4/0,6, исследовано напряженно-деформированное состояние барабана шахтной подъемной машины при этих конструкциях подкреплений. Имеются результаты компьютерного моделирования схем прикладывания давления от витков намотанного каната к обечайке барабана. Отражены результаты компьютерного моделирования сварных швов. Приведены рекомендации для повышения срока службы барабана подъемной машины.*

Разрезной цилиндрический барабан шахтной подъемной машины (ШПМ) типа ЦР (рис.1) состоит из двух частей, заклиненной, жестко связанной с коренным валом, и переставной, связанной с механизмом перестановки. Каждая часть барабана по наружной поверхности имеет винтовую нарезку под канат. Машины типа ЦР обеспечиваются двумя тормозами, поверхности трения которых расположены с наружных сторон заклиненной и переставной частей барабана, и являются их продолжением.

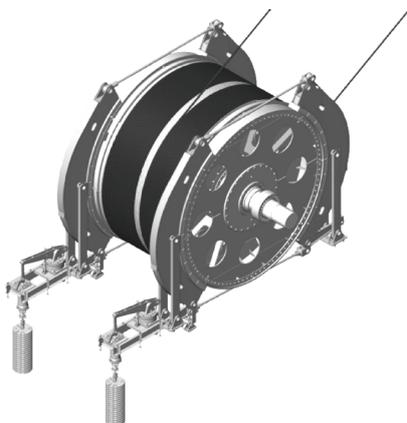


Рисунок 1. Твёрдотельная модель барабана ШПМ

Обечайка, выполненная в виде цилиндра вальцованного из толстолистового металла, относится к осесимметричным цилиндрическим конструкциям, воспринимающим внешние равномерно-распределенные нагрузки по всей образующей оболочки или ее части от действия натяжения канатов. Лобовины частей барабана соединяются с коренным валом двумя внешними и двумя внутренними ступицами вала при помощи болтов [1]. Лобовины привариваются непрерывными сварными швами к участку оболочки.

Для увеличения жесткости барабанов используются различные виды подкреплений [2]. Так, для разгрузки сварных швов между обечайкой и лобовинами используются косынки, которые приварены к лобовинам и к внутренней поверхности обечайки. Косынки к лобовинам привариваются сварным автоматическим швом без разделки кромок. Для увеличения жесткости между отверстиями лобовин к ним привариваются ребра с криволинейным переходом. Обечайка подкреплена шпангоутами (кольцевыми ребрами).

Недостатками такой конструкции барабана ШПМ являются: увеличенный вес, металлоемкость и снижение срока службы барабана до первого капитального ремонта.

Уменьшения металлоемкости и повышения прочности и долговечности барабанов шахтных

подъемных машин – актуальная техническая задача.

Для исследования работоспособности барабана была создана твердотельная компьютерная модель ШПМ ЦР-6х3,4/0,6 в программе SolidWorks. По причине осесимметричности нагрузок давлением витков намотанного каната и с целью уменьшения времени расчетов создана лишь 1/8 часть барабана. Для конечно-элементного моделирования в приложении SolidWorks Simulation задано давление на каждую канавку от каната в момент конца подъема груза [3].

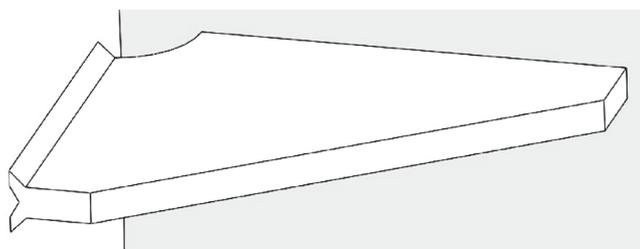


Рисунок 2. Сварной автоматический шов без разделки кромок

Исследовано напряженно-деформированное состояние (НДС) барабана с ребрами жесткости (по 8 шт. на каждую лобовину).

Максимальные напряжения возникают на краю косынки напротив ребра, образуя концентратор типа «внутренний угол» (рис.3). А в тех косынках, которые удалены от ребра, концентратор располагается вблизи отверстия под шов (тип «трещина»).

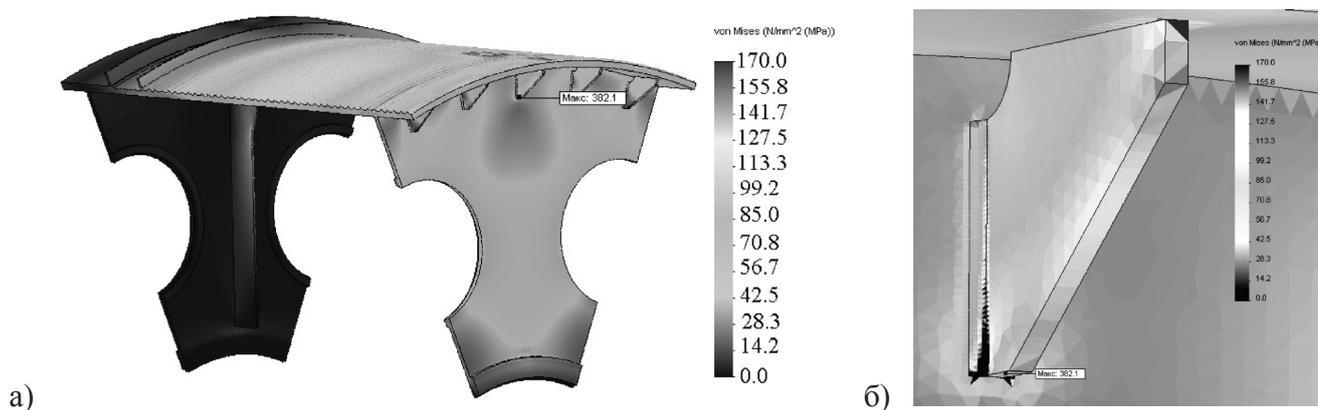


Рисунок 3. НДС барабана с ребрами жесткости:  
а) общий вид 1/8 барабана, б) край косынки

Для устранения этих недостатков было принято решение отказаться от ребер на лобовинах и шпангоутов на обечайке, а использовать в качестве подкрепления 16 стрингеров, что представляют из себя продольные ребра, установленные на внутренней поверхности обечайки с равномерным круговым шагом, параллельно оси вращения вала барабана двух конструкций: первая (рис.4, а) – трапециевидальной формы, которые не соприкасаются с лобовинами, вторая (рис.4, б) – стрингеры, которые привариваются к лобовинам барабана. Для соединения косынок и лобовин применен сварной автоматический шов без разделки кромок.

Для проверки эффективности применения стрингеров первой конструкции были проведены расчеты методом конечных элементов.

В любом случае максимальные напряжения размещаются на косынке в месте отверстия под сварочный шов.

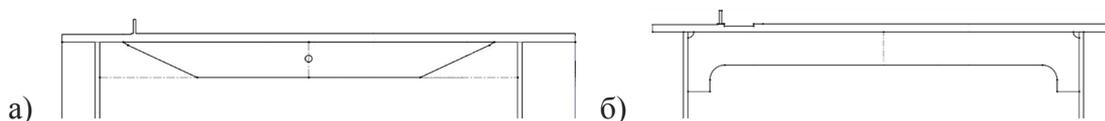


Рисунок 4. Конструкции стрингеров

Для более детального изучения взаимодействия обечайки, лобовины и косынки со сварным автоматическим швом с непроваром корня шва была создана твердотельная модель 1/16 барабана (рис. 5). На обечайку приложено постоянное давление, барабан закреплен на ступице.

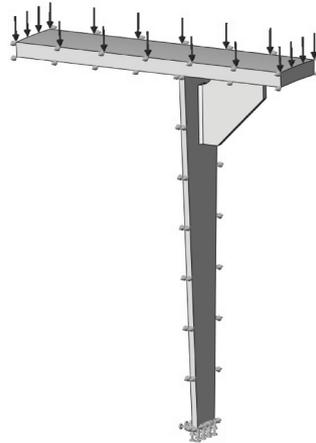
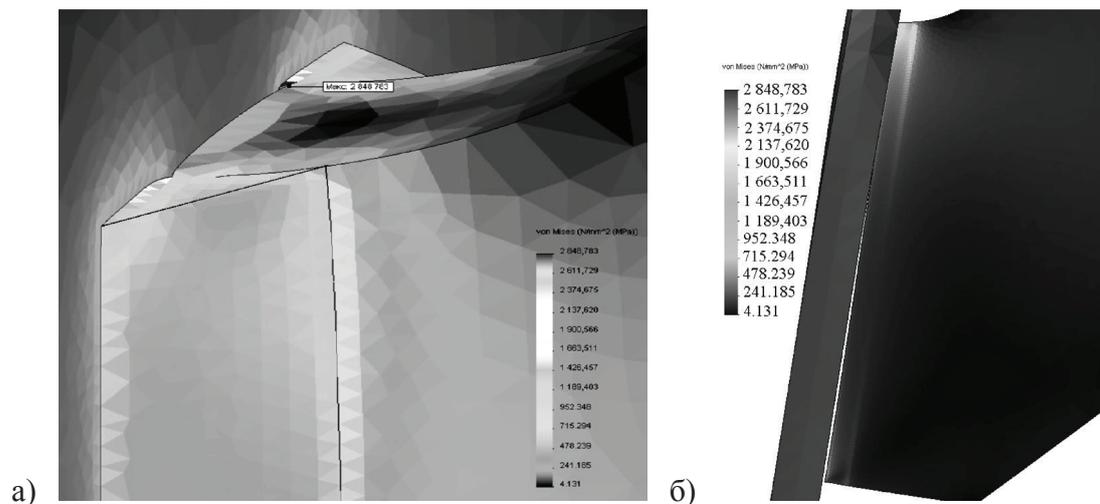


Рисунок 5. Твердотельная модель 1/16 барабана

Напряженно-деформированное состояние (НДС) при моделировании взаимодействия обечайки, лобовины и косынки со сварным автоматическим швом с непроваром корня шва приведены на рис.6.



а)

б)

Рисунок 6. НДС барабана при моделировании сварного шва сборкой: а) отверстие на косынке и сварные швы, б) щель между косынкой и лобовиной

Из рис.6, б видно, что давление сверху на обечайку передается косынке, которая с помощью сварочного шва давит на лобовину кромкой на катет шва с непроваром рядом с отверстием под шов. Под действием этого давления лобовина прогибается настолько, что отходит от края косынки, и между ними возникает щель. Применение сварного шва с непроваром корня приводит к возникновению концентратора типа «трещина» с недопустимыми напряжениями на его вершинах, поэтому для увеличения долговечности барабана следует применять сварные швы с разделкой кромок.

Если не использовать подкрепление (ребра, косынки и стрингера), то количество концентраторов уменьшается. Максимальная интенсивность напряжений возникает в канавке обечайки над лобовиной, так как витки намотанного каната давят на консольный участок обечайки между плоскостью разреза и лобовиной. Величина напряжений зависит от длины консольной участка.

В подъемной машине с разрезным барабаном ЦР-6х3,4/0,6 в конструкции без подкреплений максимальные напряжения обечайки заклиненной части в местах соединения с лобовиной превышают более чем в 2,5 раза напряжения в плоскости разреза переставной части. Напряжение в плоскости

разреза заклиненной части в 2 раза превышают напряжение в плоскости разреза переставной части.

Механизм перестановки может располагаться на внутренней ступице, тогда расстояние между лобовинами заклиненной и переставной частей барабана является постоянным. Если механизм вынесен за пределы барабана на сторону привода, то это расстояние может варьироваться. Чтобы уменьшить консольную часть при внутреннем расположении механизма перестановки перемещаем центральную ступицу со смежными лобовинами в осевом направлении вглубь переставной части. Для исследования влияния длины консольной участка обечайки заклиненной части на НДС обечайки барабана на модели, что составляет 1/8 часть барабана, была проведена серия расчетов с уменьшением этого участка с шагом, равным шагу нарезки канавки (62 мм). На рис. 7, а видно, что максимальные напряжения возникают в обечайке над лобовиной, которая ближе к переставной части. При смещении лобовин со ступицей в сторону переставной части более чем на 2 витка канавки максимальные напряжения перемещаются на консольную участок переставной части обечайки и превышают допустимые (рис. 7, б).

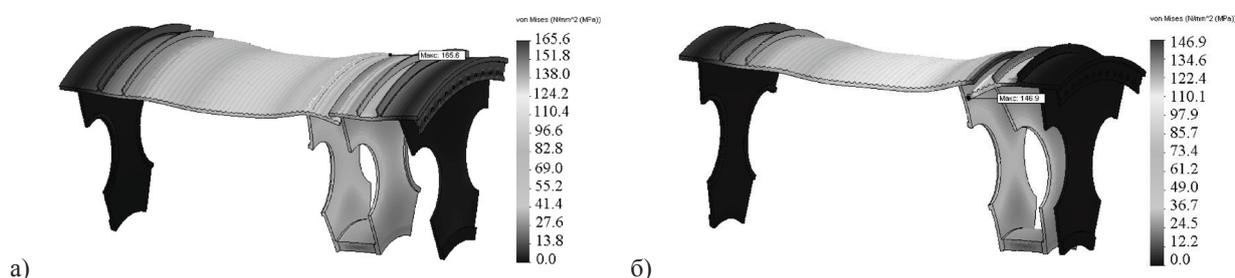


Рисунок 7. НДС барабана без подкреплений

За счет перемещения лобовин заклиненной и переставной частей барабана вместе с центральной ступицей в осевом направлении вглубь переставной части на два витка канавки происходит снижение на 22% максимальных напряжений обечайки заклиненной части в местах соединения с лобовиной около плоскости разреза.

Для конструкции барабана с вынесенным механизмом перестановки на внешнюю ступицу переставной части барабана следует исследовать влияние консольного участка на напряжения в заклиненной и переставной частях барабана отдельно.

Результаты исследований напряженно-деформированного состояния заклиненной части барабана при сдвиге лобовины в сторону разреза барабана с шагом 31 мм приведены в таблице 1.

Результаты исследований напряженно-деформированного состояния переставной части барабана при сдвиге лобовины в сторону разреза барабана с шагом 31 мм приведены в таблице 3.

Для ШПМ с внешним механизмом перестановки лобовину заклиненной части следует размещать на расстоянии 155 мм от разреза барабана. Лобовину переставной части барабана рекомендуется размещать на расстоянии 124 мм от разреза. В обечайке заклиненной части барабана напряжения уменьшаются. Снижение напряжений в обечайке переставной части барабана на 47%.

Выравнивание изгибной жесткости, приводит к выравниванию напряжений в консольных участках заклиненной и переставной частей, обеспечивается надежность, повышается безопасность работы и срок службы барабана подъемной машины.

## Выводы

1. Применение сварного шва с непроваром корня приводит к возникновению концентратора типа «трещина» с недопустимыми напряжениями на его вершинах, поэтому для увеличения долговечности барабана следует применять сварные швы с разделкой кромок.
2. За счет отказа от подкреплений и перемещения лобовин заклиненной и переставной частей барабана вместе с центральной ступицей (внутреннее расположение механизма перестановки) в осевом направлении вглубь переставной части на два витка канавки

Таблица 1. Максимальные напряжения в заклиненной части барабана при сдвиге лобовины

№ п/п	Расстояние от разреза до середины лобовины, мм	Максимальные напряжения, МПа
1	352	199,8
2	341	191
3	310	196,2
4	279	180,1
5	248	174,1
6	217	149,1
7	186	126,9
8	155	123,2
9	124	125,8
10	93	128,7
11	62	130,8
12	31	134,3

Таблица 2. Максимальные напряжения в переставной части барабана при сдвиге лобовины

№ п/п	Расстояние от разреза до середины лобовины, мм	Максимальные напряжения, МПа
1	248	132,2
2	217	107,3
3	186	96,4
4	155	77,7
5	124	69,8
6	93	80,5
7	62	92,8
8	31	105,3

происходит снижение на 22% максимальных напряжений обечайки заклиненной части в местах соединения с лобовиной около плоскости разреза.

- При внешнем расположении механизма перестановки за счет перемещения лобовины заклиненной части на расстояние 155 мм от разреза барабана напряжения снижаются в обечайке заклиненной части на 38%, а лобовины переставной части барабана на расстояние 124 мм от разреза – снижение напряжений на 47%.

### Литература

- [1] Димашко А.Д. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины: [справочник] / Димашко А.Д., Гершиков И.Я., Кривневич А.А. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1973, 364 с.: ил., табл. – библиогр.: с. 363.
- [2] Федорова З.М. Подъемники / Федорова З.М., Лукин И.Ф., Нестеров А.П.; под ред. проф. Федоровой З.М. – К.: Вища школа, 1976, 296 с.: ил., табл. – библиогр.: с. 288–290.
- [3] Наукове видання «Геотехнічна механіка», Міжвідомчий збірник наукових праць, Випуск № 92, К.С. Заболотный, А.Л. Жупиев, Е.Н. Соснина. «Обоснование компьютерной модели барабана и расчетных нагрузок шахтной подъемной машины»