

УДК 621.877:621.86.063

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.04.010

**Беспальков Алексей Андреевич**  
младший научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [bespalkov@igduran.ru](mailto:bespalkov@igduran.ru)

**Bespalkov Alexey A.**  
junior researcher,  
The Institute of Mining UB RAS,  
620075, Yekaterinburg,  
58 Mamin-Sibiryak st..  
e-mail: [bespalkov@igduran.ru](mailto:bespalkov@igduran.ru)

### КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНОЙ ТАРЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ КАБЕЛЬНЫМИ КРАНАМИ\*

### THE CONSTRUCTION OF RATED LOAD CAPACITY CONTAINER FOR ROCK MASS DELIVERY IN THE PITS BY CABLE CRANES

#### Аннотация:

*В статье представлены различные схемы грузоподъемной тары, потенциально применимой для доставки горной массы на карьерах кабельными кранами. Выделены преимущества и недостатки контейнерного транспорта по сравнению с другими видами транспорта, а также требования к контейнерам, применимым в горном деле под определенные условия загрузки, разгрузки и транспортирования. На основании изученных схем были спроектированы варианты конструкций грузоподъемной тары для кабельного крана грузоподъемностью 50 тонн. Проведен их прочностной анализ в САЕ-системе APM FEM и дано сравнение спроектированных контейнеров.*

*Ключевые слова:* грузоподъемная тара, кабельный кран, саморазгружающийся контейнер, створчатый кубель, коробчатый контейнер, контейнер с донным затвором, конечно-элементный анализ.

#### Abstract:

*The article presents various schemes of load-lifting tare, potentially applicable for rock mass delivery by cable cranes in the pits. The advantages and disadvantages of container transport compared with other modes of transport are marked and requirements for containers applicable in mining under certain loading, unloading and transportation conditions are revealed. In terms of studied schemes the variants of structures of load-lifting containers for a cable crane with the carrying capacity of 50 ton were designed. A strength analysis of constructions in CAE-system APM FEM was performed and comparison of the designed containers was given.*

*Key words:* load-lifting tare, cable crane, self-unloading container, folding kubel, box-shaped container, container with bottom gate, finite element analysis.

Увеличение глубины горных выработок при добыче полезных ископаемых заставляет решать довольно сложный вопрос – выбор наиболее целесообразного и экономичного способа доставки горной массы на верхние горизонты.

Комбинированные системы карьерного транспорта требуют неизбежного применения внутрикарьерных перегрузочных пунктов, которые зачастую являются довольно масштабными сооружениями. Перегрузка горной массы с автомобильного транспорта на конвейерный либо на железнодорожный требует создания дробильно-перегрузочных пунктов, складов, применения различной погрузочной техники, что связано с большими затратами, как финансовыми, так и полезной площади внутрикарьерного пространства.

При углублении горных работ есть необходимость в переносе перегрузочных пунктов и связанных с ними оборудованием на нижерасположенные горизонты для увеличения эффективности комбинированного транспорта, что также является довольно капиталоемкой задачей.

В работе [1] автор обращает внимание на громадные энергетические затраты на транспортирование (особенно подъем) горной массы автосамосвалами в связи с большими (доходящими до 0,9) значениями коэффициента тары.

С увеличением глубины карьеров автотранспорт все меньше используется как сборочный и все больше выполняет работу по подъему горной массы по борту карьера [2].

\* Исследования выполнены в рамках Государственного задания 007-01398-17-00, тема № 0405-2015-0010

В теории, снизить энергоемкость подъема горной массы из карьера и уменьшить число ее перегрузок без строительства в карьере (или отдельной зоне карьера) технологических и транспортных коммуникаций позволяет контейнерная технология [1 – 4], основные преимущества которой состоят в следующем:

1. Минимальное число внутрикарьерных перегрузочных пунктов, при условии транспортирования контейнера краном за один подход – загрузка контейнера на дне карьера и его разгрузка на верхнем горизонте.

2. Транспортировка контейнера происходит по кратчайшей траектории: от точки погрузки до точки разгрузки контейнер движется практически по прямой (если рассматривать в качестве грузоподъемного устройства кабельный кран), что значительно снижает путь транспортирования, а соответственно, и энергозатраты в отличие от автомобильного транспорта, который движется строго по борту карьера.

3. Коэффициент тары контейнера (0,2 – 0,3) значительно меньше коэффициента тары автосамосвала (0,7 – 0,8) или железнодорожного состава (0,8 – 0,82), что приводит к меньшим удельным затратам энергии на подъем горной массы [2].

4. Исключается необходимость дополнительного энергоемкого дробления горной массы до размеров куска определенной фракции в отличие от технологических схем с применением конвейерного транспорта [2], что является актуальным вопросом при транспортировке вскрышных пород.

5. Сокращение объема вскрышных работ и разноса бортов за счет исключения транспортных берм на бортах карьера.

В свою очередь, контейнерный транспорт имеет ряд недостатков:

1. Требуется применение специальных грузоподъемных устройств (драглайн, деррик-кран, кабельный кран и т.п. [5 – 7]), которые требуют больших капитальных затрат.

2. Относительно низкая производительность комплекса (1,8 – 2 млн.т/год) при грузоподъемности кабельного крана 50 т [8].

3. Так как кран является единственной грузо-транспортной связью между дном карьера и верхним горизонтом, то его простои (вызванные аварией или техническим обслуживанием) приведут к простоям в работе всей транспортной сети.

4. Остается под большим вопросом устойчивость породы уступов, на которых расположены башни крана.

Лабораторией транспортных систем карьеров и геотехники ИГД УрО РАН прорабатывается транспортный комплекс, осуществляющий подъем горной массы на открытой горной выработке крутопадающих залежей с нижнего горизонта на верхний при помощи кабельного крана. Данная система включает в себя пункт загрузки на дне карьера, кабельный кран и верхний перегрузочный пункт в автосамосвалы. Подъем горной массы осуществляется в транспортном сосуде – открытом контейнере, загружаемом внизу в добычной зоне, разгрузка контейнера происходит на верхней перегрузке с помощью специальной разгрузочной эстакады (рис. 1).

Предлагается следующий цикл работы вышеописанного комплекса:

1. Загрузка контейнера на дне карьера при помощи фронтального погрузчика. Предполагается, что выемка горной массы происходит по безвзрывной технологии с применением фрезерного комбайна [7] либо бульдозерно-рыхлительного агрегата (схема предложена Петуховым М.А.).

2. Дальнейшая транспортировка контейнера кабельным краном до разгрузочного пункта.

3. Автоматическая разгрузка контейнера в вагонетку, расположенную на разгрузочной эстакаде.

4. Перемещение вагонетки по эстакаде до точки разгрузки и ее разгрузка в штабель горной массы. Во время цикла разгрузки вагонетки контейнер перемещается на нижний горизонт в пункт загрузки.

5. Перегрузка горной массы из штабеля в автосамосвалы при помощи экскаватора.

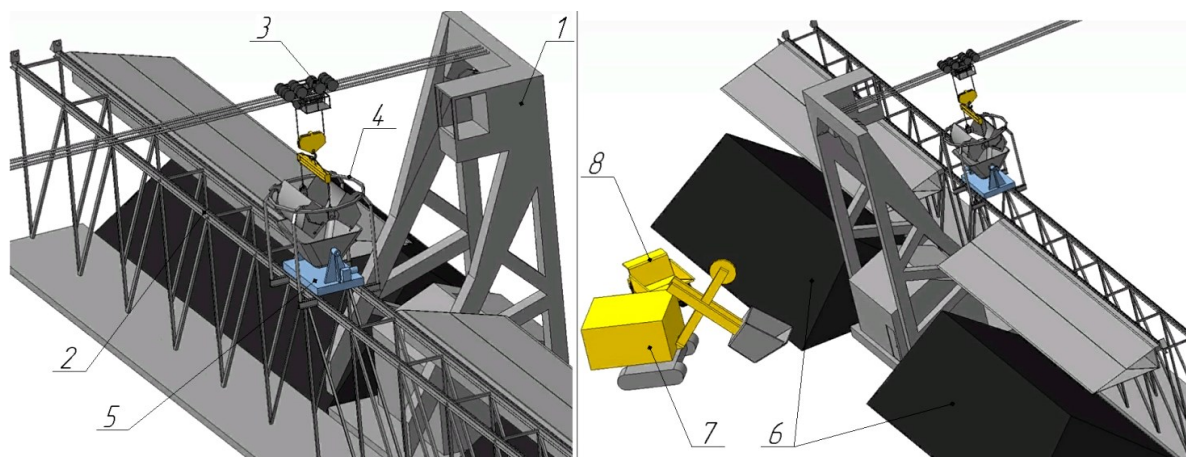


Рис. 1 – Схема верхнего перегрузочного пункта:

1 – машинная башня кабельного крана; 2 – разгрузочная эстакада; 3 – грузовая тележка кабельного крана; 4 – приемное устройство для контейнера; 5 – вагонетка; 6 – два сектора штабеля горной массы; 7 – экскаватор; 8 – карьерный самосвал

Для этих целей необходима специальная грузоподъемная тара, обеспечивающая возможность осуществления вышеописанного цикла. К таким контейнерам можно предъявить следующие требования:

1. Верхнее загрузочное окно, обеспечивающее беспрепятственную загрузку контейнера крупнокусковым грузом, и разгрузочное окно, позволяющее производить разгрузку контейнера. Минимальная ширина загрузочного окна  $3800 \times 3800$  мм и максимальная высота контейнера 2600 мм – из условий обеспечения загрузки контейнера фронтальным погрузчиком. Ширина разгрузочного окна не менее 600 мм – из условий беспрепятственной разгрузки контейнера самотеком с учетом наличия негабаритных кусков.

2. Отсутствие необходимости в стропальщике на месте погрузки и разгрузки, то есть исключение операций зацепления и отцепления контейнера при работе. Отсутствие человека в опасной зоне (погрузки и разгрузки контейнера) также является требованием безопасности при работе комплекса.

3. Автоматическая разгрузка контейнера без применения специального вспомогательного оборудования (дополнительных приводов раскрытия створок, замыкающей лебедки и т.п.), что поспособствует уменьшению массы конструкции и увеличению надежности всей системы.

4. Минимально возможная масса контейнера, а следовательно, и коэффициент тары, для обеспечения максимальной производительности комплекса.

5. Простая и надежная конструкция контейнера.

В литературе описаны следующие схемы грузоподъемной тары (табл. 1), в какой-то степени подходящие по данным условиям, и некоторые из них были взяты автором за основу для последующего проектирования ряда контейнеров.

При проектировании, в процессе оптимизации геометрических характеристик элементов конструкций, с целью получения требуемой прочности и жесткости были разработаны следующие схемы контейнеров (табл. 2) для транспортировки горной массы кабельным краном грузоподъемностью 50 т под вышеописанные условия.

Результаты расчетов на прочность и жесткость элементов металлоконструкций контейнера с донным затвором, коробчатого контейнера со створчатым днищем и створчатого кубеля в САЕ-системе APM FEM приведены на рис. 2 – 6.

Таблица 1

**Конструкции грузоподъемной тары для насыпных грузов, описанные в литературных источниках**

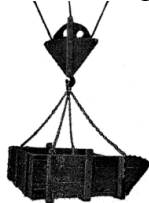

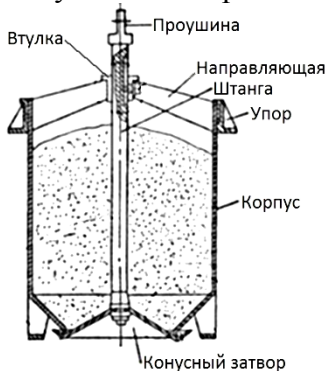
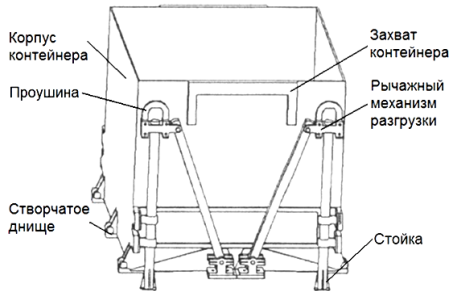
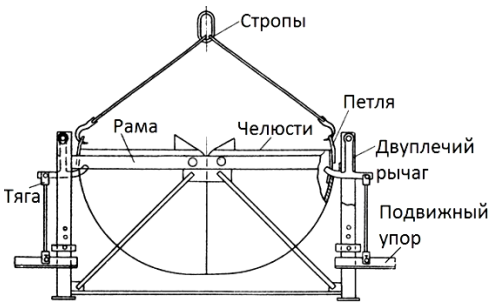
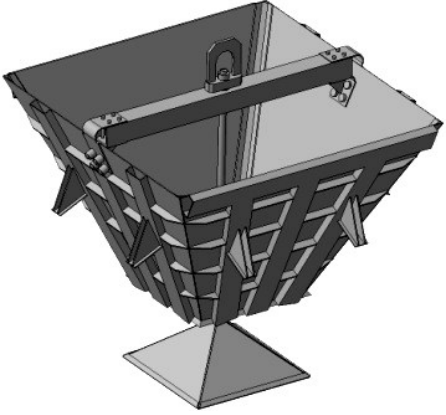
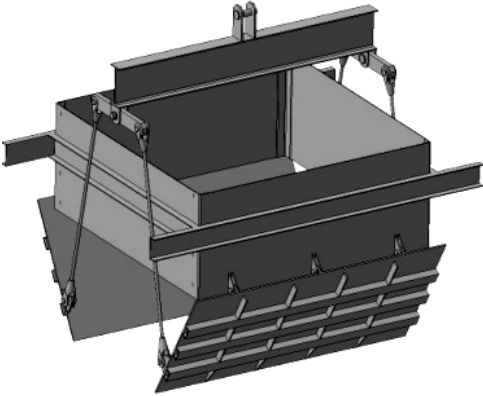
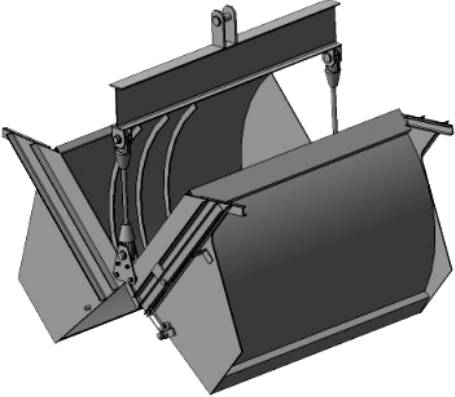
Конструкция	Описание и принцип действия
<p>Скип ящичной формы</p> 	<p>Простейший контейнер выполнялся в форме прямоугольного ящика с открытой передней стенкой, через которую выполнялась разгрузка. Разгрузка осуществлялась либо вручную, либо механизированно – путем наклона кубеля (при помощи продольно расположенного бруса, подъемного каната и т.п.) [9].</p>
<p>V-образный кубель</p> 	<p>Разгрузка V-образного кубеля происходила следующим образом. При опускании его на разгрузочную площадку кубель садился на выступающий внизу башмак, освобождая запирающую кузов защелку, после чего кузов кубеля смещался вперед и под влиянием веса материала, находящегося в нем, автоматически опрокидывался и разгружался [9].</p>
<p>Саморазгружающийся контейнер с конусным затвором</p> 	<p>Для загрузки контейнер устанавливают на основание затвора, который плотно прижимается к горловине корпуса. Контейнер транспортируют крюком за проушину. При транспортировании сила тяжести корпуса контейнера и насыпного материала обеспечивает надежную стыковку посадочного места горловины контейнера с затвором.</p> <p>На месте разгрузки контейнер устанавливается в приемный бункер, опираясь об него упорами. При ослаблении натяжения грузового каната грузоподъемного средства затвор открывается и осуществляется выгрузка сыпучего материала [10].</p>
<p>Контейнер со створчатым днищем</p> 	<p>Подъем контейнера осуществляется за захваты, расположенные на боковых стенках. При этом упоры грузозахватного устройства входят в проушины и удерживают контейнер закрытым. При необходимости разгрузки упоры, входящие в проушины, выходят из них, и за счет собственного веса порода высыпается из контейнера. Закрытие дна происходит за счет перемещения стоек вверх при установке контейнера на землю [11, 12].</p>
<p>Створчатый кубель</p> 	<p>При разгрузке кубель устанавливается на борт загружаемой емкости подвижными упорами, которые, перемещаясь вверх, посредством тяг выводят рычаги фиксации челюстей из их пазов. При подъеме челюсти раскрываются, и кубель освобождается от груза.</p> <p>После установки кубеля на место загрузки челюсти смыкаются под собственным весом, и рычаги механизма фиксации встают в пазы челюстей, тем самым фиксируя их от произвольного открывания [13].</p>

Таблица 2

## Основные параметры контейнеров

Контейнер	Масса, кг	Коэффициент тары	Высота, мм	Длина, мм	Ширина, мм
<i>Контейнер с донным затвором</i> 	7456	0,1753	4660	4234	4234
<i>Коробчатый контейнер</i> 	7706	0,1822	4817	5564	4090
<i>Створчатый кубель</i> 	6797	0,1573	5130	5348	4032

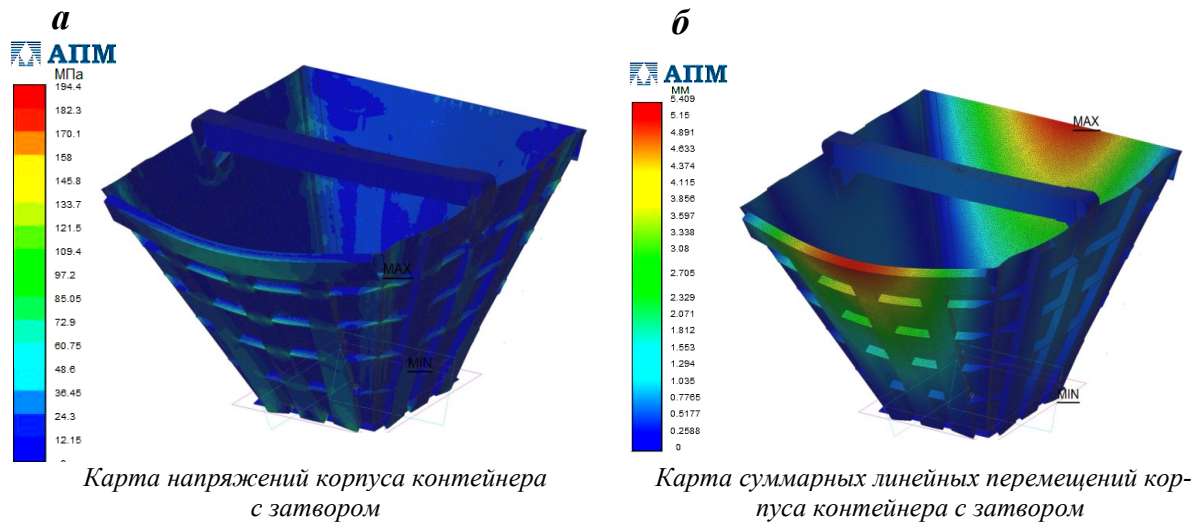


Рис. 2 – Результаты расчета на прочность (а) и жесткость (б) корпуса контейнера с донным затвором

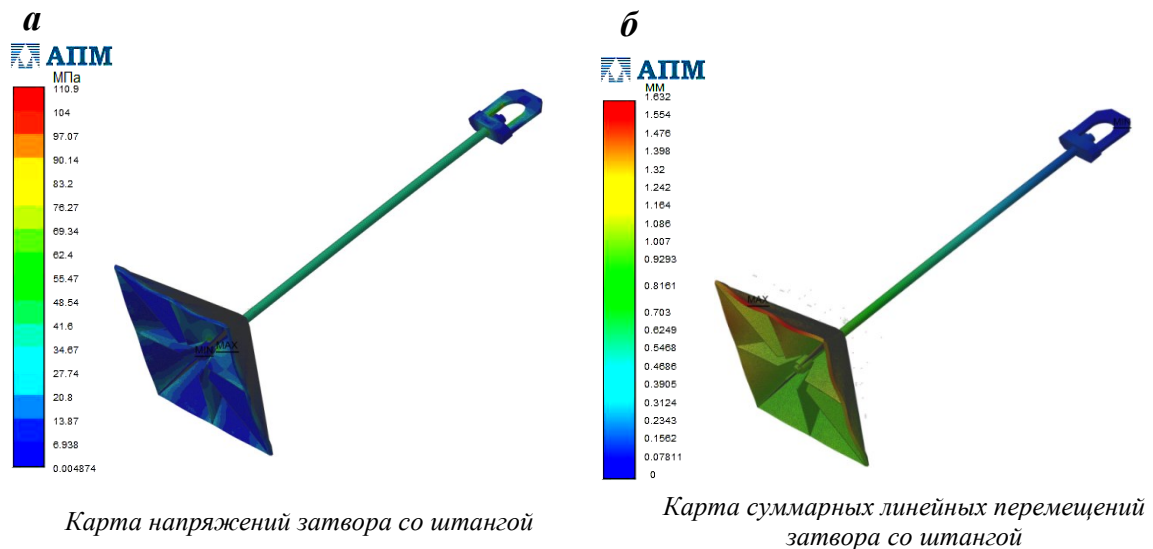


Рис. 3 – Результаты расчета на прочность (а) и жесткость (б) затвора со штангой контейнера с донным затвором

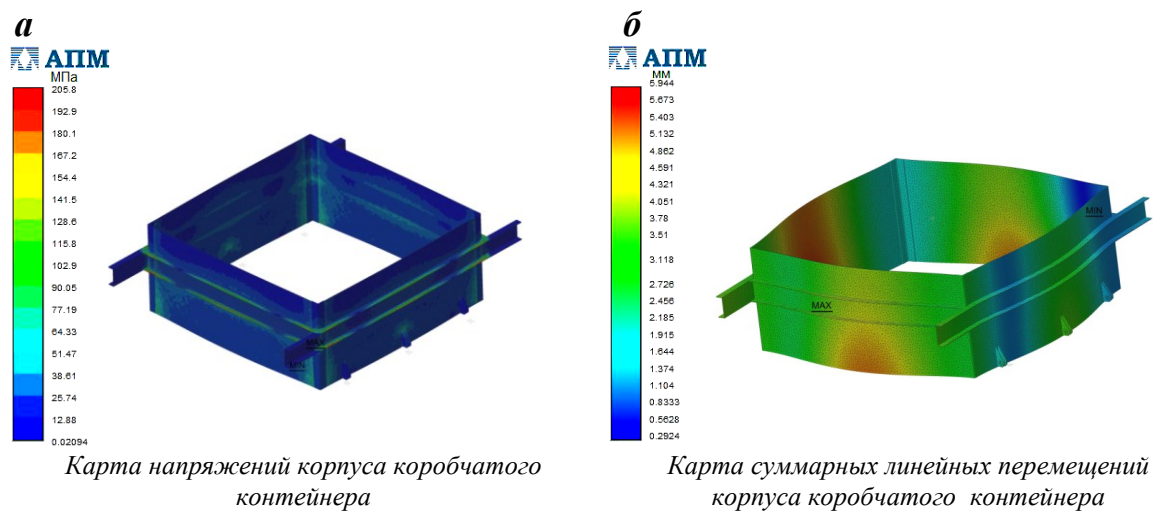


Рис. 4 – Результаты расчета на прочность (а) и жесткость (б) корпуса коробчатого контейнера

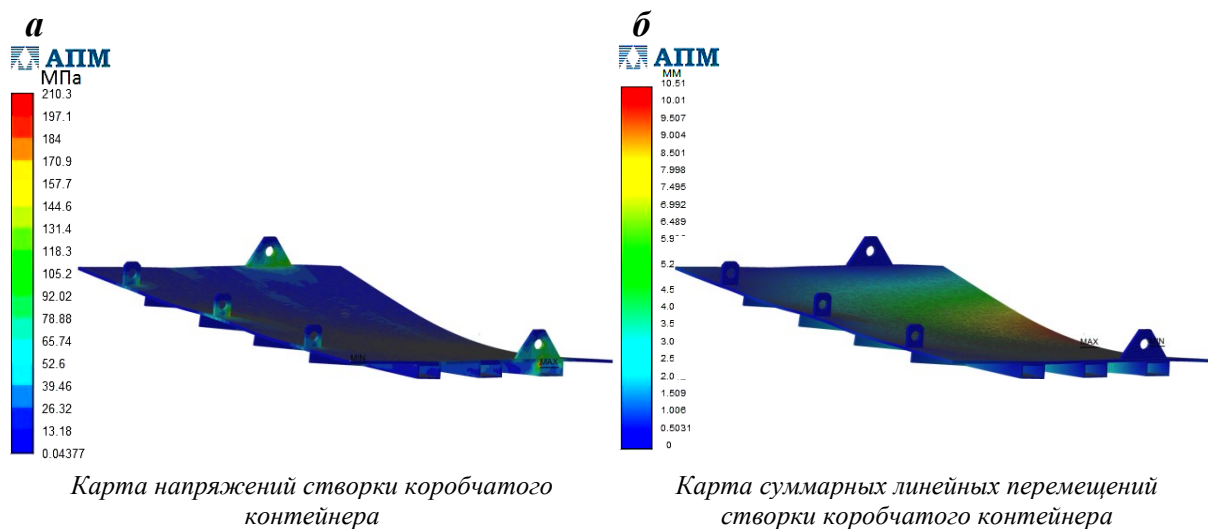


Рис. 5 – Результаты расчета на прочность (а) и жесткость (б) створки коробчатого контейнера

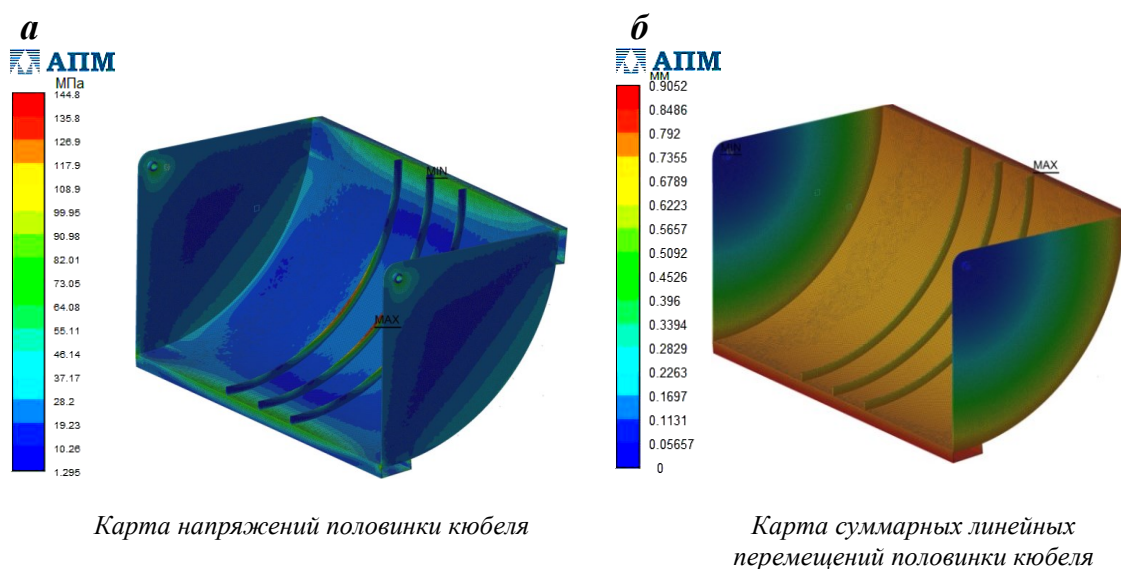


Рис. 6 – Результаты расчета на прочность (а) и жесткость (б) половинки створчатого кубеля

По результатам расчетов максимальные напряжения в элементах конструкций не превышают предел текучести стали 09Г2С (для листового и фасонного проката от 10 до 20 мм) – 325 МПа по ГОСТ 19281-2014.

Все разработанные контейнеры работают по одному принципу – загруженный горной массой контейнер транспортируется краном к разгрузочной эстакаде, где он опирается упорами в разгрузочное кольцо приемного устройства (см. рис. 1), и при ослаблении натяжения грузового каната грузоподъемного крана под действием силы тяжести горной массы открываются запирающие устройства (затвор, створки, половинки кубеля) и осуществляется выгрузка транспортируемого материала. Закрываются контейнеры автоматически при их подъеме.

В разработанных конструкциях удалось найти технические решения, отвечающие жестким требованиям для указанных условий.

В результате исследования спроектированных контейнеров для кабельного крана по технологической применимости, способам загрузки и разгрузки, особенностям конструкций, принципу действия и прочностному анализу составлено их комплексное качественное сравнение, приведенное в табл. 3.

Таблица 3

## Сравнение контейнеров

Конструкция	Преимущества	Недостатки
Контейнер с донным затвором	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Минимальные габаритные размеры в закрытом положении.</li><li>2) Более равномерная и плавная разгрузка горной массы из контейнера в вагонетку за счет постепенного увеличения зазора между разгрузочной горловиной и затвором при вертикальном перемещении штанги.</li><li>3) Отсутствие строп и траверсы, которым требуется дополнительный контроль (маркировка, проверка, ТО).</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Возможна заштыбовка разгрузочной горловины контейнера негабаритными кусками породы.</li><li>2) Большая зона разлета кусков при разгрузке за счет пирамидальной формы затвора.</li><li>3) Относительно сложная для изготовления конструкция.</li></ol>
Коробчатый контейнер	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Самая простая в изготовлении и технологичная конструкция.</li><li>2) При разгрузке меньше вероятность зависания материала, т.к. контейнер имеет самые крутые углы наклона стенок и створок и относительно большое разгрузочное окно.</li></ol>	Т.к. на створки в закрытом положении нагрузки действуют перпендикулярно им (в отличие от контейнера с затвором и кубелем, где нагрузки действуют по касательной к поверхности), а также опорные точки (места крепления строп) разнесены максимально друг от друга, то в данных элементах происходят наибольшие прогибы, что требует усиления конструкции, а следовательно, и увеличения массы контейнера, которая является наибольшей из всех.
Створчатый кубель	Наименьшая масса и коэффициент тары из всех представленных конструкций за счет того, что геометрия половинок кубеля имеет цилиндрическую форму, которая больше сопротивляется деформации при изгибе по сравнению с прямой пластиной. Благодаря этому нет необходимости в многочисленных ребрах жесткости.	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Наличие дополнительного узла – запирающего механизма, предохраняющего кубель от случайного открывания.</li><li>2) При налипании материала на кромки половинок кубеля либо при попадании между ними возможно неплотное их закрывание.</li></ol>



## Литература

1. Осадичий В.И. Подъем горной массы в контейнерах – перспективный путь решения транспортных проблем на глубоких карьерах / В.И. Осадичий // Горный журнал. – 2004. – № 10. – С. 84 - 85.
2. Технологические схемы открытых горных работ с контейнерной доставкой горной массы / М.Ж. Битимбаев, В.И. Осадичий, Т.Т. Жунусов, Т.И. Маулямбаев // Горный журнал Казахстана. – 2010. – № 12. – С. 19 - 22.
3. Осадичий В.И. Проектирование технологии обмена контейнеров на подъемных пунктах / В.И. Осадичий, Т.И. Маулямбаев, С.Л. Кузьмин // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 2. – С. 16 - 18.
4. Аленичев В.М. Экономико-математическая модель схемы вскрытия глубинной части карьера с использованием азростатной подъемно-транспортной системы / В.М. Аленичев, М.Н. Ковалев // Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр // Сб. науч. тр. ИГД УрО РАН. – Вып 1. - Екатеринбург. – 2003. – С. 76 - 85.
5. Кокунин Р.В. Обоснование условий применения бестраншейного вскрытия на месторождениях природного камня: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.В. Кокунин; УГГУ. - Екатеринбург, 2006. – 131 с.
6. Контейнерный транспорт горной массы на открытых горных работах / М.Ж. Битимбаев, В.И. Осадичий, Т.Т. Жунусов, Т.И. Маулямбаев // Горный журнал Казахстана. – 2011. – № 15. – С. 26 - 28
7. Пат. 2571776 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>E21C41/26. Способ открытой разработки крутопадающих рудных тел / С.Л. Бабаскин, А.Н. Акишев, В.С. Самоловов; заявитель и патентообладатель Акционерная компания "АЛРОСА" (публичное акционерное общество) (АК "АЛРОСА" (ПАО) – № 2014139741/03; заявл. 30.09.2014; опубл. 20.12.2015, Бюл. № 35. – 9 с.
8. Беспальков А.А. Технические вопросы при использовании кабельных кранов для ведения горных работ / А.А. Беспальков, А.Г. Журавлев // Проблемы недропользования. – 2017. – № 2. – С. 85 – 95. DOI 10.18454/2313-1586.2017.02.085
9. Дерягин А.В. Кабельные краны и их применение в горной промышленности / А.В. Дерягин. – М: ОНТИ НКТП СССР, 1938. – 144 с.
10. А. с. 1585236 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 65 D 88/54. Саморазгружающийся контейнер / В.П. Упырь, Г.А. Кушниренко, В.И. Сидоренко (СССР). - № 4413694/30-13; заявл. 21.06.88; опубл. 15.08.90, Бюл. N 30. - 4 с.
11. Битимбаев М.Ж. Создание навесного оборудования для контейнерной технологии транспортирования горной массы в карьерах / М.Ж. Битимбаев, Д.С. Кузьмин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XV Международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека» / УГГУ. – Екатеринбург, 2017. – С. 436 - 439.
12. Пат. 31377 Республика Казахстан, МПК<sup>7</sup>E21C 41/26. Контейнер для транспортирования породы на открытых горных работах / М.Ж. Битимбаев, С.Л. Кузьмин, А.Н. Тюрбит, А.А. Константинов; заявитель и патентообладатель Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Рудненский индустриальный институт" Министерства образования и науки Республики Казахстан; заявл. 15.01.2015; опубл. 29.07.2016, Бюл. № 8. – 3 с.
13. А. с. 650952 СССР, МКИЗ В 66 С 3/00. Кюбель / В.Н. Астапко, В.Г. Лукьяненко, А.Н. Воробьев, А.А. Кузьменко (СССР). - N 2447020/29-11; заявл. 25.01.77; опубл. 05.03.79, Бюл. N 9. - 2 с.