

УДК 622.831:622.648

А.К. Николаев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОПОР ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОКЛАДЫВАЕМЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РАЙОНАХ

Семинар № 15

При сейсмическом воздействии на трубопровод, закрепленный на опорах, колебания слагаются из поперечной и продольной составляющей. Кроме этого при достаточно жестком способе соединения труб, формирующих трубопровод, в последнем при распространении волн колебаний и наложении их одна на другую, возможен сложный колебательный процесс с резонансными явлениями, параметры которого практически не поддаются математическому описанию из-за сложности физической модели. А это делает невозможным обоснованно выбирать конструктивные параметры трубопровода, адекватно соответствующие реально возникающим нагрузкам в его элементах.

С учетом выполненных исследований в СПГТИ (ГУ) разработан ряд конструктивных решений [1, 2, 3, 4, 5] соединения элементов трубопровода, которые защищены патентами Российской Федерации.

По одному из вариантов устройство для гашения колебаний трубопровода (рис. 1) содержит фундамент, соединенный с трубопроводом податливым приспособлением, которое выполнено в виде несущего короба цилиндрической формы, коаксиально охватывающего трубопровод и снабженного в верхней своей части патрубком с крышкой. Внутреннее пространство ме-

жду наружной поверхностью трубопровода и коробом заполнено вплотную прилегающими друг к другу, к поверхностям короба и трубопровода телами шарообразной формы, изготовленными из упругого материала. Упомянутые тела размещены в один ряд по периметру трубы. Короб выполнен разъемным по образующей цилиндрической поверхности и снабжен фланцевым соединением, а диаметр отверстий в торцевых стенках короба принят больше внешнего диаметра трубопровода с возможностью размещения в кольцевых щелевых зазорах упругих прокладок. При возникновении вынужденных и собственных колебаний трубопровода, вызванных сейсмическими явлениями, наружная поверхность трубопровода начинает взаимодействовать с упругими шарами, которые, упруго деформируясь между наружной поверхностью трубопровода и внутренней поверхностью короба, быстро гасят

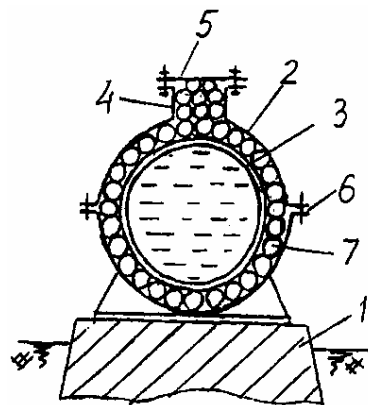


Рис. 1. Устройство для гашения колебаний трубопровода:

1 – фундамент, 2 – короб, 3 – трубопровод, 4 – патрубок, 5 – крышка, 6 – фланцевый разъем, 7 – упругие шары

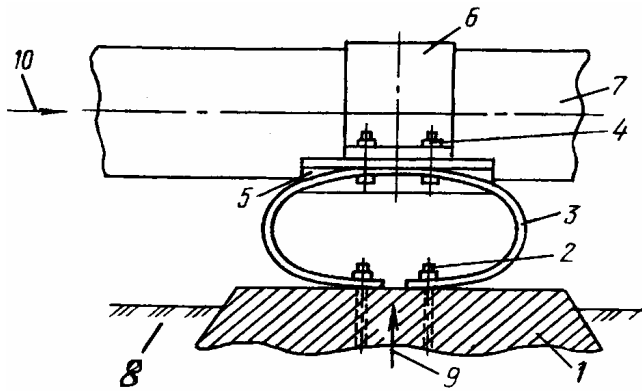


Рис. 2. Анкерная опора рессорного типа: 1 – фундамент, 2 – болт, 3 – рессоры (две), 4 – крепежный болт, 5 – седло, 6 – хомут, 7 – трубопровод, 8 – грунт, 9, 10 – направления сейсмического воздействия

его колебания. Реакция короба воспринимается фундаментом.

В другой конструкции анкерная опора (рис. 2) содержит фундамент, две демпфирующие опоры, седло. Каждая демпфирующая опора выполнена в виде соединенной с седлом и хомутом плоской рессоры, имеющей эллиптический профиль в вертикальной плоскости.

Статическая нагрузка от пульповода передается на седло и далее на ее рессоры, опирающиеся на фундамент, заложенный в грунте. При сейсмическом воздействии грунта на фундамент соединенные с седлом рессоры прогибаются в соответствующей плоскости при колебаниях в различных направлениях, снижая величину ускорения при перемещениях трубопровода и соответствующие им нагрузки. При колебаниях в поперечном направлении по отношению к трубопроводу одна из рессор распрямляется, а вторая сжимается в вертикальной плоскости. Таким образом, при любом направлении сейсмического воздействия трубопровод начинает колебаться с затухающими по величине ускорениями, исключающими гидравлические удары и его механическое разрушение. Такой режим работы позволяет повысить надежность эксплуатации трубопровода и его долговечность.

Упростить физическую модель можно с помощью предлагаемой нами эластичной стыковки труб (рис. 3).

Эластичные соединительные элементы труб препятствуют прохождению волны от одной трубы к другой. Это

обеспечивает гашение колебаний смежных труб в эластичных соединительных элементах, т.к. модуль упругости материала, из которого выполнены переходные элементы, принят меньше модуля упругости материала труб, формирующих нитку трубопровода, а концы труб могут свободно поворачиваться друг относительно друга благодаря их опиранию на балансир, который шарнирами и связан с самими трубами и с опорой. Такое решение позволяет исключить взаимное влияние колебательных процессов, возникающих в смежных участках труб, что дает возможность производить прочностной расчет трубопровода по модели однопролетной балки на двух опорах, нагруженной возмущающими силами.

Исключение разрушения трубопровода в середине пролета между опорами при сильном сейсмическом воздействии можно добиться с помощью простого устройства, выполненного в виде закрепленного на трубопроводе в середине пролета между опорными устройствами хомута, который с помощью пружины или комплекта пружин связан с проушиной сваи, закрепленной в земной поверхности, при этом частота собственных колебаний пружины (или комплекта пружин) принята некратной частоте собственных колебаний трубопровода в пролете между опорными устройствами. Результатом технического решения является повышение надежности

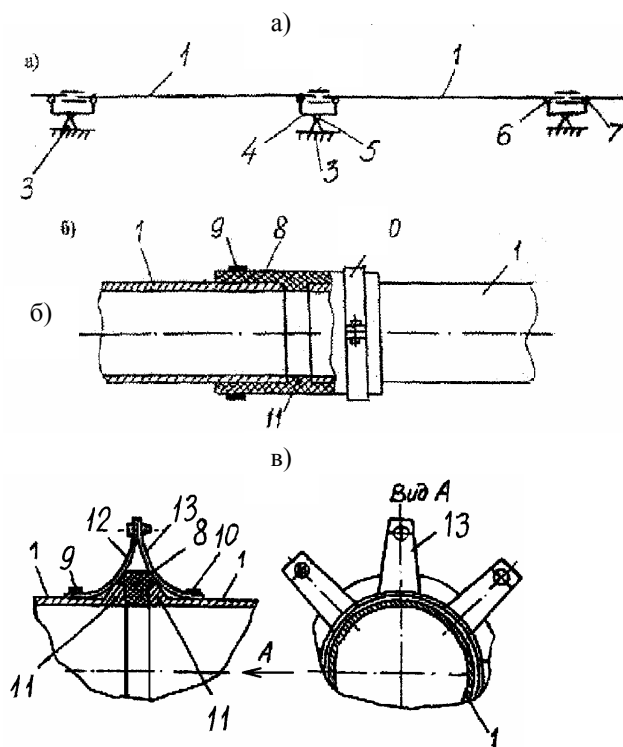


Рис. 3. Элементы стыковки труб:
a – схема трубопровода; *б* – вариант соединения труб эластичными муфтами; *в* – то же, с помощью фланцевого соединения. 1 – трубы, 2 – упругие соединительные элементы, 3 – опора, 4 – балансир, 5, 6, 7 – шарниры, 8 – упругая муфта, 9, 10 – бандажи, 11 – прилив, 12, 13 – упругие фланцы

Выводы

1. Предложен метод расчета напорных трубопроводов с учетом сейсмических нагрузок и разработана конструкция эластичного соединения участков труб.

2. Разработан ряд конструктивных решений прокладки газо- нефтепроводов, защищенных патентами РФ, которые позволяют повысить надежность и эффективность эксплуатации трубопроводов в суровых климатических условиях и при сейсмическом воздействии на них.

эксплуатации трубопровода в сейсмически опасных регионах за счет уменьшения амплитуды колебаний трубопровода в пролетах между опорными устройствами.

суровых климатических условиях и при сейсмическом воздействии на них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опора пульповода (вариант). Патент № 2147688. 2000., №11.
2. Компенсатор изменения длины пульповода. Патент № 2168667. 2001, №16.
3. Анкерная опора пульповода. Патент № 2168666. 2001, №16.
4. Анкерная опора пульповода. Патент № 2211393. 2003, №24.
5. Устройство для гашения колебаний трубопровода. Патент № 2220357. 2003, №36.

Коротко об авторах

Николаев А.К. – доктор технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

© А.А. Кулешов, П.Ю. Ланков,

УДК 622.271

А.А. Кулешов, П.Ю. Ланков, О.Д. Серебренников

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КАРЬЕРНОГО
САМОСВАЛА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ КАРЬЕРОВ
ОАО «АПАТИТ»**

Семинар № 15

Эта задача решалась по заданию ОАО «Апатит». В 2005 г вводится в эксплуатацию ранее законсервированный участок №2 Ньюкпахского месторождения – карьер Суолайв. Объемы извлекаемой горной массы по годам представлены в табл. 1.

Для перевозки горной массы на участке Суолайв проектом предусмотрены автосамосвалы БелАЗ-7514, это обусловлено невысокой производительностью карьера, а также наличием сложной системы автомобильных технологических дорог на поверхности с устройством серпантин.

Транспортировка руды из карьера на перегрузочный склад в начальный период отработки 2005-2006 г будет осуществляться по довольно сложной трассе протяженностью ≈ 6,0 км и более с перепадом высот 220-250 м под уклон.

На рис. 1 показан план автодороги, а на рис. 2 и в табл. 2 – продольный профиль и его характеристики с участка №2 на склад руды.

Наиболее узким местом трассы является берма 470 м участка №1 Ньюкпахского карьера. В период отработки карьера эта берма служит для пропуска порожних самосвалов на участок Суолайв. В работе будут находиться 2-3 самосвала, из них только 1 самосвал будет задействован на перевозке руды. Таким образом, во время технологических перевозок достаточно будет однопослойной дороги. Учитывая, что ширина бермы в самом узком месте,

составляет 24,2 м, что соответствует только однопослойному движению, на руднике разрабатывается график движения самосвалов на участке Суолайв. Работу автотранспорта разбивают на два этапа: 1) движение порожних самосвалов в рабочее время на перевозке руды; 2) в период пересменки организовывается движение колонны порожних автосамосвалов в одном направлении: либо из карьера, либо в карьер. В период работы участка будет осуществляться движение только одного самосвала, перевозящего руду на перегрузочный склад. Движение других автотранспортных средств по берме возможно только в потоке с автосамосвалом, задействованным на перевозке руды. На рис. 3 показано размещение автосамосвалов на участке сужения трассы.

Из рис. 3 видно, что на этом участке протяженностью 250 м ширина постоянной транспортной бермы позволяет осуществлять одностороннее движение автосамосвалов БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55 т.

Временная транспортная берма имеет ширину проезжей части 7,0 м и позволяет работать всем рассматриваемым автосамосвалам грузоподъемностью до 136 т.

Кроме постоянных дорог, в ходе эксплуатации предстоит построить разветвленную сеть временных дорог. Временные автодороги в карьере и на отвале относятся к III-й категории.

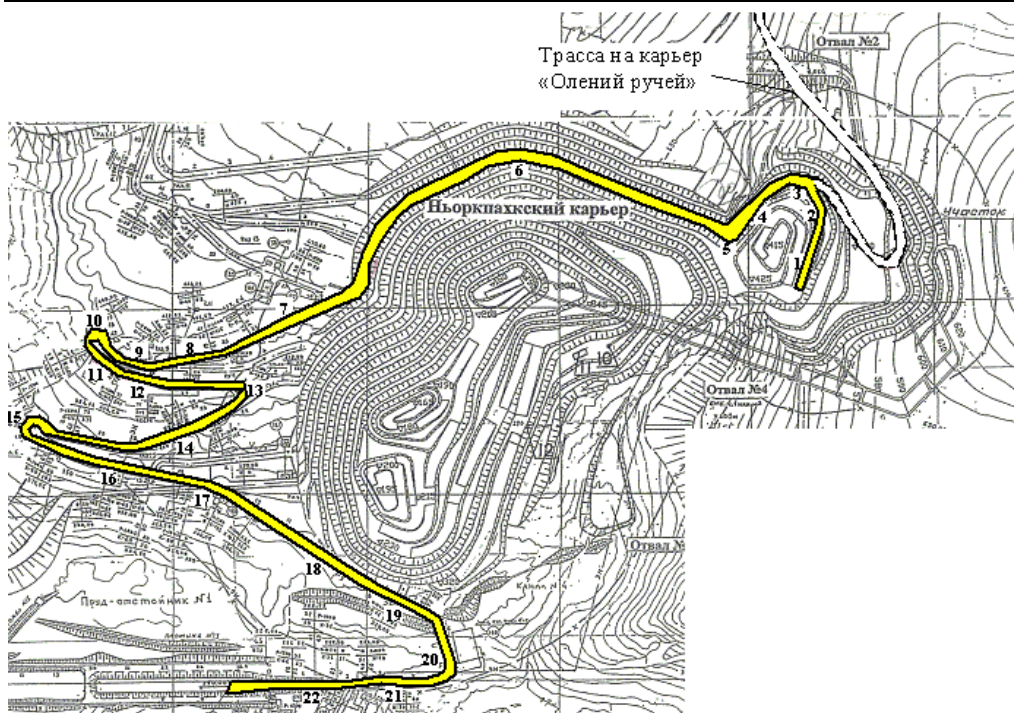


Рис. 1. План трассы из карьера Соулайв на перегрузочный склад руды (отм. +280 м)

Ширина проезжей части составляет 17,0 м, минимальный радиус поворота – 26,0 м, максимальный уклон съездов – 80 %. На временных автодорогах предусмотрено устройство выравнивающего слоя щебня толщиной 30 см на рыхлых грунтах и 15 см на скальных грунтах. Го-

довой расход щебня на содержания временных автомобильных дорог составит в 2005 году – 70 тыс. м³, в 2009 году – 60 тыс. м³, в 2011 году – 30 тыс. м³.

Порода участка №1 транспортируется автотранспортом в отвал №1,

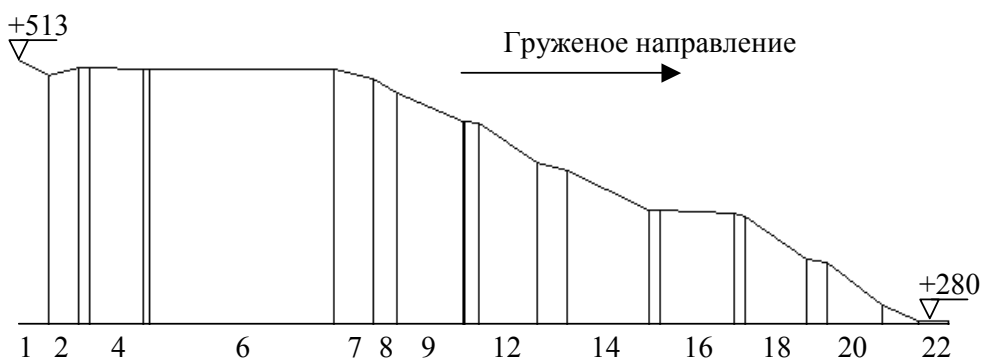


Рис. 2. Продольный профиль трассы из карьера Соулайв на перегрузочный склад руды (отм. +280 м)

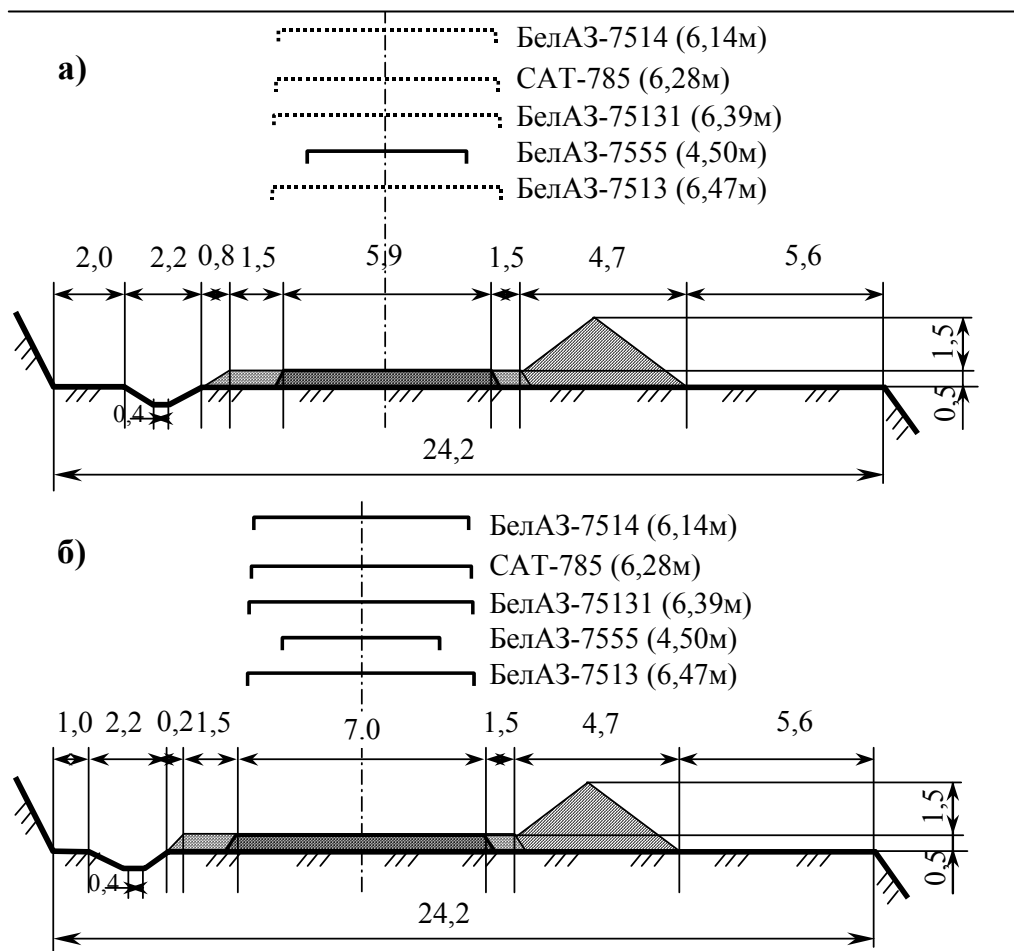


Рис. 3. Параметры участка постоянной (а) и временной (б) транспортной бермы (отм. 470 м) в районе разреза 10 с габаритами автосамосвалов

участка Соулайв – в отвал №2. Последовательность заполнения ярусов отвала №1 и участков отвала №2 определяется необходимостью обеспечения кратчайших расстояний транспортирования породы и формирования устойчивых отвалов.

Режим работы транспорта соответствует режиму работы карьера (340 дней в 2 смены по 12 часов). Расчет парка и основных показателей работы самосвалов выполнен специалистами ОАО «Институт «Гипроруда» по методике «Норм технологического проектирования горнодобы-

вающих предприятий с открытым способом разработки» (ВНТП-13-1-86).

На протяжении всего периода отработки карьера наблюдается увеличение расстояния транспортирования как руды, так и породы, что связано с постепенным углублением карьера и увеличением расстояния транспортирования породы в отвалы.

В дальнейшем, после окончания отработки карьера Суолайв вступит в действие отработка карьера Олений Ручей.

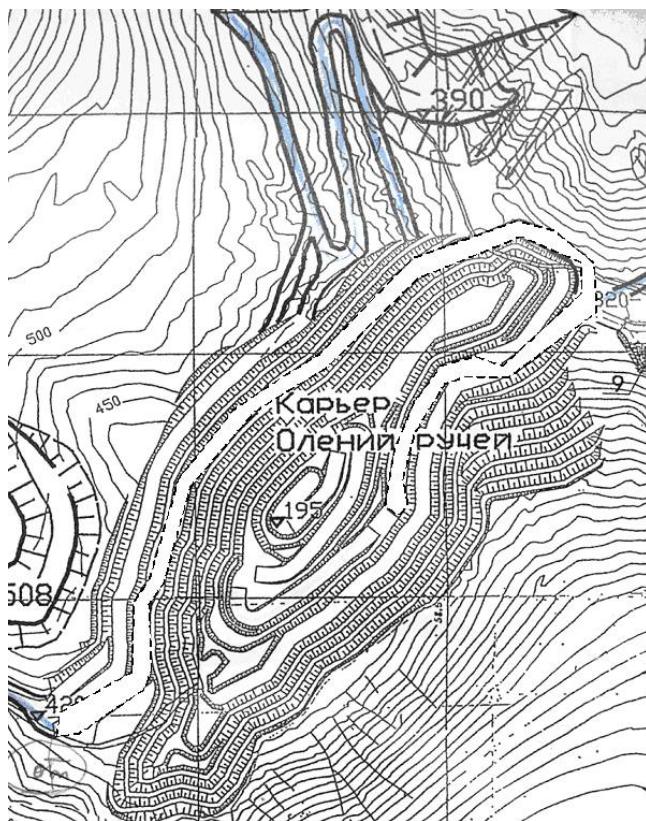


Рис. 4. План карьера «Олений ручей» с обозначением внутрикарьерных дорог и внешней дороги до заезда на берму отм.470 м

Залежи руд месторождения **Олений ручей** сконцентрированы в двух ярусах: Верхнем, мощностью около 200 м, и нижнем, мощностью 200-400 м.

Верхний ярус будет обрабатываться открытым способом с утвержденными запасами руды 21,1 млн т руды с граничными коэффициентами вскрыши $9 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

План карьера на конец отработки приведен на рис. 4. Общий срок существования карьера составит 18 .

В перспективе карьер Олений Ручей вовлекается в отработку для поддержания мощности Восточного рудника практически после отработки Нью-кпахкского карьера с участком №2. Учитывая этот фактор, а также сравнительно короткий срок эксплуатации карьера и значительные капитальные затраты на организацию собственного перегрузоч-

ного склада руды, рассматривается вариант транспортировки ее на перегрузочный склад Нью-кпахкского карьера.

Считаем целесообразным, выбрать для этих условий более рациональный ЭАК.

Для решения подобных задач в СПГИ(ТУ) разработана экономико-математическая модель для выбора оптимального типа ЭАК, предназначенная для использования в системах автоматизированного проектирования карьера. Она может быть использована как на стадии проектирования нового карьера, так и на стадии разработки проекта реконструкции действующего предприятия.

Модель построена по модульной структуре, каждый модуль имеет набор входных и выходных параметров. Сначала производится предварительный выбор погрузочной и транспортной техники на основании рекомендаций по ее совместимости. Далее производится определение технических параметров погрузочной техники (экскаваторов), а затем транспортной (автосамосвалы). После рассчитываются экологические показатели транспортной техники, так как загрязнения, согласно исследованиям, проводившимся на кафедре ГТМ, более, чем на 90 %, формируются выхлопными газами. На основании рассчитанного расхода топлива определяется количество выброшенных вредных веществ в атмосферу и объем выхлопных газов. Сопоставление объема выхлопных газов и

Таблица 3
Расчетные показатели для моделирования

Показатели	Ед. изм	Суолауйв		Олений ручей	
		годы		годы	
		2008	2010	4-й	6-й
Производительность карьера по руде	млн. т/год	0,4	0,6	0,8	1,7
по породе	млн. т/год	1,96	2,28	9,2	9,7
Расстояние транспортирования руда	км	6,8	7,5	10,0	11,5
порода	км	2,2	2,8	3,0	4,5

объемного пространства карьера, дает приблизительную оценку концентрации вредных веществ в рабочей зоне (на донных участках карьера и вблизи трассы). Концентрация рассчитывается для наиболее неблагоприятного дня - штилевого. Число таких дней берется из статистических данных. На основании результатов сопоставления рассчитанных концентраций с предельно допустимыми ПДК подсчитывается прогноз простоев техники с последующим экономическим ущербом от простоев. После этого выполняется расчет экономических показателей комплекса – амортизации основных фондов, выплаты заработной платы и пр.

Моделирование работы погрузочно-транспортного комплекса выполнено для двух этапов отработки карьеров, которые характеризуются максимальной производительностью по горной

массе (табл. 3).

Варианты сочетания машин в комплексе приведены в табл. 4.

Проанализируем основной экономический показатель по каждому карьере отдельно.

Для сравнения эффективности рекомендуемых экскаваторно-автомобильных комплексов и предложенного в проекте Гипроруды: (экскаватор ЭКГ-10 или RH-90С с автосамосвалом БелАЗ-7514) рассчитана себестоимость эксплуатации этих комплексов для двух периодов отработки карьера Суолауйв: 2006–2009 гг. при производительности 0,4 млн т руды/год и 2010-2014 гг. при производительности 0,6 млн т руды/год.

За основу расчетов взяты полученные в отчете значения себестоимости 1 ткм и планируемые годовые грузообороты в целом по горной массе в млн. ткм. Расчеты выполнены по формуле:

$$\Sigma C^{г.м.} = C^{руда} A^{руда} + C^{пор} A^{пор},$$

где $\Sigma C^{г.м.}$ – суммарные годовые затраты на работу ЭАК, млн руб/год; $C^{руда}$ – себестоимость 1 ткм по руде, руб/ткм; $A^{руда}$ – годовая грузовая работа по руде, млн.ткм; $C^{пор}$ – себестоимость 1 ткм по породе, руб/ткм; $A^{пор}$ – годовая грузовая работа по породе, млн. ткм. Результаты представлены в табл. 5

Из табл. 5 видно, что для

Таблица 4
Варианты сочетания машин в экскаваторно-автомобильном комплексе

Автосамосвал	Экскаватор		
	ЭГ-5,5	RH 90-С	ЭКГ-10
БелАЗ-7547 (42 т)	X	X	
БелАЗ-7555 (55 т)	X	X	X
БелАЗ-7514 (120 т)		X	X
БелАЗ-7513 (130 т)		X	X
Cat 777D (91 т)		X	X
Cat 785C (136 т)		X	X

Таблица 5

Стоимость эксплуатации ЭАК при транспортировании горной массы по карьере Суолайв, млн. руб/год

Модель автосамосвала	Периоды отработки 2005+2009 г			Периоды отработки 2010+2014 гг		
	Модель экскаватора			Модель экскаватора		
	ЭГ-5,5	RH-90C	ЭКГ-10	ЭГ-5,5	RH-90C	ЭКГ-10
БелАЗ – 7547	17,94	19,10	-	22,25	23,64	-
БелАЗ – 7555	16,82	18,20	20,36	26,47	28,10	30,42
БелАЗ – 7513	-	21,62	23,95	-	22,58	25,06
БелАЗ – 7514	-	22,36	24,50	-	23,21	25,60
Cat 777D	-	18,10	20,25	-	27,49	29,69
Cat 785C	-	21,75	23,90	-	22,88	25,23

Примечание: - базовый вариант; - рекомендуемый

первого периода экономически выгодна работа комплексов на базе автосамосвалов с гидромеханической трансмиссией грузоподъемностью 45-55 т (БелАЗ – 7547 и БелАЗ-7555) с гидравлическими экскаваторами ЭГ-5,5 и RH-90C. Она составляет от 16,82 до 19,10 млн руб/год. Разница по сравнению с базовым вариантом равна 4,16 – 5,5 млн руб. Работа более мощных машин требует затрат 20,25–23,9 млн руб/год, экономически целесообразен переход на ЭАК RH-90C + Cat 785C (23,21 – 22,88 = 0,33 млн руб/год) и ЭКГ-10 + Cat 795C (25,60 – 25,23 = 0,37 млн руб/год). т.е. с экономией по эксплуатации ЭАК 0,33 – 0,37 млн руб/год.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы. По карьере Суолайв:

1. Результаты моделирования работы ЭАК на РС ЭВМ в условиях этого карьера показали, что в начальный период его отработки целесообразно использование автосамосвалов грузоподъемностью 45-55 т, в комплексе с экскаваторами с ковшом 5,5-9,0 м³. Расчетная себестоимость транспортной работы в этом случае по руде составляет 2,60÷2,82 руб/ткм., а по породе, при 2-х

рабочих автосамосвалах - 2,29÷2,93 руб/ткм.

2. При транспортировании породы в отвал несколько лучшие показатели ЭАК у машин большой грузоподъемности. Один 120-136-тонный автосамосвал с экскаватором 9-10 м³ обеспечивает себестоимость 2,66÷2,99 руб/ткм.

3. На более поздний период (2010 г.), с возрастанием объемов перевозок и расстояний транспортирования, комплексы по руде имеют расчетные показатели при 2-х рабочих автосамосвалах 45-55 т порядка 2,0÷2,46 руб/ткм, а при одной рабочей машине грузоподъемностью 120-136 т и экскаваторе с ковшом 9-10 м³ этот показатель колеблется в пределах 2,48 ÷ 2,76 руб/ткм.

4. Для транспортирования породы предпочтение следует отдать более мощным ЭАК, использование которых позволяет снизить себестоимость при 1 автосамосвале до 1,79÷2,02 руб/ткм.

По карьере Олений ручей:

1. На 4-й год его отработки для автосамосвалов с гидромеханической трансмиссией (БелАЗ-7542, БелАЗ-7555) грузоподъемностью 45-55 т в ЭАК при работе машин себестоимость на руде составляет 1,50÷1,84 руб/ткм. Один Cat785C в комплексе с RH 90-С или ЭКГ-10 обеспечива-

ет себестоимость 1,41 или 1,55 руб/ткм соответственно.

2. Для транспортирования породы необходимо 10-12 автосамосвалов 45-55 т, при себестоимости 1,49÷1,64 руб/ткм. В то же время 5 Cat785С в комплексе с RH 90-С или ЭКГ-10 дают себестоимость 1,51÷1,55 руб/ткм.

3. На 6-й год отработки карьера для транспортировки 1,7 млн т руды 7-6 машин с ГМП имеют себестоимость

1,23÷1,32 руб/ткм, а 3 Cat 785С имеют показатели по комплексу 1,35÷1,41 руб/ткм.

4. Транспортирование породы в объеме 9,7 млн т/год при 13-17 самосвалах грузоподъемностью 45-55 т показывает себестоимость 1,52÷1,63 руб/ткм, ЭАК с 6-ю самосвалами Cat 785С имеют этот показатель 1,34÷1,37 руб/ткм.

Коротко об авторах

Кулеиов А.А. – профессор, доктор технических наук

Ланков П.Ю. – , кандидат технических наук

Серебренников О.Д. – инженер,

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. И.В. ТАНАНАЕВА КНЦ РАН			
ЛАЗАРЕВА Ирина Владимировна	Разработка технологии композиционных пигментов из отходов обогащения апатито-нефелиновых руд	25.00.36	к.т.н.
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ			
ПУСТОБРИ- КОВ Владимир Николаевич	Разработка способа и обоснование параметров разрушения горных пород с использованием невзрывчатых разрушающих составов при низких температурах	25.00.22 25.00.20	д.т.н.

© Ю.Д. Тарасов, 2005

УДК 622.647.2+621.867.2

Ю.Д. Тарасов

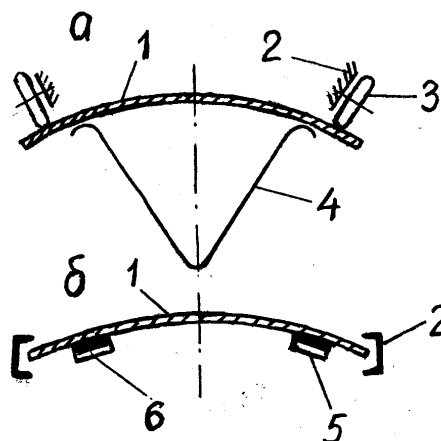
При сложившейся экономической ситуации в промышленности эффективная деятельность предприятий немислима без осуществления мероприятий, направленных на минимизацию издержек производства. Это ставит перед проектировщиками и эксплуатационниками прежде всего такие задачи, как снижение материалоемкости используемого оборудования, повышение его ресурса, снижение энергопотребления при том же или увеличивающемся объеме производства, уменьшение объема быстроизнашивающихся материалов и деталей используемого оборудования. Применительно к оборудованию, используемому в качестве внутривозовского транспорта на дробильно- и гравийно-сортировочных заводах предприятий нерудной и других отраслей промышленности строительных материалов, это, прежде всего, снижение расхода конвейерных лент и роликкоопор для них, снижение трудоемкости и повышение безопасности работ, связанных с уборкой просыпи транспортируемого груза из подконвейерного пространства ленточных конвейеров, снижение энергоемкости транспортирования насыпных грузов ленточными конвейерами, обеспечение надежного улавливания лент наклонных конвейеров в случае поперечного обрыва лент, повышение тяговой способности барабанных приводов и надежности тормозных устройств ленточных конвейеров, повышение надежности работы ковшовых элеваторов при транспортировании абразивных грузов путем замены цепных элеваторов ленточными элеваторами с гравитационной разгрузкой ковшей.

В Санкт-Петербургском государственном горном институте выполнены разработки и продолжают исследования, направленные на решение сформулированных выше задач. Разработаны конструк-

ции и обоснованы параметры следующего оборудования для внутривозовского транспорта, которое может быть использовано на предприятиях строительных материалов.

Устройство для опирания холостой ветви ленты конвейера на воздушную подушку, которое позволяет отказаться от быстроизнашивающихся роликкоопор, уменьшить износ и расход конвейерных лент и снизить энергопотребление, опоры скольжения из низкофрикционного материала для холостой ветви ленты, заменяющие роликовые опоры, барабанный привод ленточного конвейера с увеличенной тяговой способностью при сцеплении ленты с рабочей поверхностью приводного устройства при коэффициенте трения покоя, тормозов с увеличенным тормозным моментом, обеспечивающих возможность установки тормозов на тихоходном валу привода, в том числе непосредственно на валу барабана или его обечайке, улавливающие устройства для ленты повышенной надежности, безинерционные опорные устройства для ленты в зоне ее загрузки крупнокусковым грузом, средства механизации очистки ленты и уборки просыпи из подконвейерного пространства ленточных конвейеров, оборудование для ковшовых элеваторов ленточного типа с сомкнутыми ковшами при гравитационной разгрузке ковшей, с более надежным способом крепления ковшей к ленте, улавливающими устройствами для ковшовой ленты и приспособлениями для регулирования направления потока груза, загружаемого в ковши, для ограничения просыпи груза в башмак элеватора, а также другое оборудование, повышающее эффективность эксплуатации транспортных, загрузочных и разгрузочных устройств. В последние годы ведутся разработки, направленные на усовершенствование получающих все более широкое

Рис. 1. Опираие холостой ветви ленты на воздушную подушку (а) и опоры скольжения (б): 1 – холостая ветвь конвейерной ленты, 2 – рама, 3 – дисковые ролики для контроля воздушных зазоров, 4 – желоб, 5 – опорная конструкция, 6 – полоса из низкофрикционного материала



применение ленточных конвейеров с подвесной лентой, у которых роlikоопоры заменены прикрепленными к бортам ленты ходовыми катками, перемещающимися по неподвижным направляющим рамы конвейера. При этом разрешены такие задачи, как обеспечение натяжения ленты практически при любой длине конвейера, повышение эксплуатационных качеств ходовых катков и приспособлений для их крепления к ленте, улавливание ленты в случае ее обрыва на наклонном участке конвейера, обеспечение надежного прохода ходовых катков по криволинейным участкам направляющих.

Для широко используемых ленточных конвейеров с роlikооперами, поддерживающими ленту на грузонесущей и холостой ветвях, характерен интенсивный и прогрессирующий износ как ленты, так и роlikоопор, особенно на холостой ветви. Это происходит прежде всего за счет несвоевременной замены износившихся роlikоопор и неудовлетворительной очистки ленты от примазок транспортируемого груза. При абразивном износе обечаек роlikов и налипании на них частиц транспортируемого груза не только интенсифицируются механические повреждения ленты (абразивный износ обкладки, продольные порезы изношенными и заторможенными роликками, расслоения бортов при поперечном сходе ленты), но и разрушаются подшипники роlikов за счет потери роликками круглой формы, т.к. такие роликки работают как дебалансные вибраторы. Поэтому актуальной задачей является замена роlikовых опор на другие способы опирания ленты.

Ленточный конвейер с опиранием холостой ветви ленты на воздушную подушку

(рис. 1, а) снабжен расположенным под холостой ветвью ленты и заполненным сжатым воздухом (при работающем конвейере) V – образным желобом с отогнутыми вниз бортами. Над кромками ленты установлены закрепленные на раме конвейера дисковые роликки с возможностью их взаимодействия с нерабочей стороной ленты. Ширина желоба принята меньше ширины ленты из условия равновесия прогнутой вверх ленты при заданной величине избыточного давления воздуха в желобе, которое может создаваться воздуходувкой низкого давления (вентилятором) или от сети сжатого воздуха. Избыточное давление в желобе не более 0,4–0,5 КПа. При неработающем конвейере лента свободно лежит на кромках желоба, а при работающем конвейере находится во взвешенном состоянии, при этом минимальный зазор между желобом и лентой, определяющий расход воздуха, ограничивается дисковыми роликками. При большой длине конвейера опирание ленты на воздушную подушку может оказаться целесообразным осуществлять на участке длиной до 100 м от головного барабана, т.е. на участке интенсивной самоочистки ленты от прилипших к ней частиц транспортируемого груза. Пневможелоб может быть использован также для гидроуборки просыпи, в этом случае он

оборудуется форсунками для подачи в него воды.

Разработана также конструкция конвейера с опиранием на воздушную подушку грузонесущей ветви ленты с разрешением задач по обеспечению ее поперечной устойчивости при переменной нагрузке на ленту от транспортируемого груза и снижением потерь сжатого воздуха за счет ограничения щелевых каналов между желобом и лентой. Технические решения позволяют устранить недостатки известных конструкций конвейеров с опиранием грузонесущей ветви ленты на воздушную подушку и расширить возможности их практического использования.

Опирание ленты на воздушную подушку обеспечивает перемещение ленты и груза при коэффициенте сопротивления движению не более, чем 0,01, поэтому уменьшается износ ленты, а энергоемкость транспортирования снижается в 3–4 раза.

Опоры скольжения на холостой ветви ленты (грузонесущая ветвь ленты оборудована обычными роликовыми опорами) могут быть выполнены (рис. 1, б) из закрепленных на несущей конструкции низкофрикционных элементов в виде ориентированных по длине холостой ветви ленты двух продольных полос, размещенных симметрично оси конвейера. Полосы установлены с углом наклона 5–6 градусов в сторону от оси конвейера, а расстояние между продольными осями симметрии полос составляет 50–60 % при ширине полос – 12–14 % от ширины ленты. При этом боковые кромки холостой ветви ленты могут быть размещены на уровне прогонов, выполненных из швеллеров с обращенными в сторону оси конвейера полками, а на внутренних поверхностях стенок швеллеров установлены

пластины из низкофрикционного материала. Это позволяет ограничивать поперечное смещение ленты при работе конвейера.

При заданных параметрах опор скольжения холостая ветвь ленты надежно сохраняет поперечную устойчивость, слабо прогибаясь вниз своими боковыми кромками.

При удовлетворительной очистке ленты применение опор скольжения, которые значительно дешевле и проще в эксплуатации роликовых опор, может оказаться более эффективным, чем эксплуатация конвейера при изношенных роликоопорах на холостой ветви ленты, как по показателю материалоемкости, так и по удельной энергоемкости транспортирования грузов.

В приводном устройстве ленточного конвейера с увеличенной тяговой способностью (рис. 2, а) параллельно с головным приводным барабаном установлен дополнительный барабан, оба барабана снабжены зубчатыми колесами одинакового диаметра, которые кинематически связаны между собой паразитной шестерней. Ме-

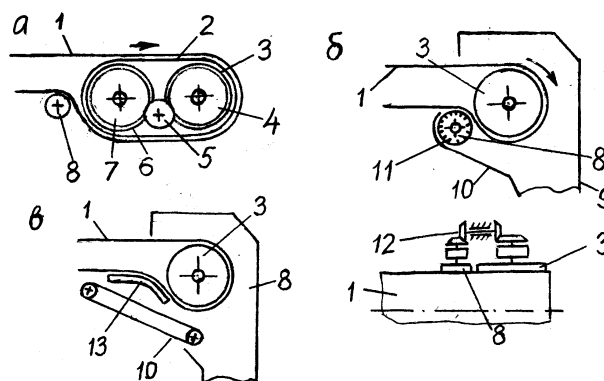


Рис. 2. Схемы приводов ленточного конвейера с вспомогательной приводной лентой (а), однобарабанного с отклоняющим очистным барабаном (б), однобарабанного с отклоняющим очистным устройством (в): 1 – конвейерная лента, 2 – вспомогательная приводная лента, 3, 6 – приводные барабаны, 4, 7 – зубчатые колеса, 5 – паразитная шестерня, 8 – отклоняющий барабан, 9 – приемная воронка, 10 – приспособление для отвода продуктов очистки ленты, 11 – очистные элементы, 12 – коническая передача, 13 – отклоняющее устройство с очистными элементами

Рис. 3. Схемы подборщиков просыпи с приводом от канатной лебедки в период аккумуляции просыпи на сборной ленте (а) и с приводом от механизма подъема мостового крана в момент освобождения сборной ленты от просыпи (б): 1 – лебедка, 2 – отклоняющий блок, 3, 8 – тяговые канаты холостого и рабочего ходов, 4 – конвейер, 5 – сборная лента, 6 – разгрузочный ролик, 7 – опорная поверхность конвейера, 9 – мостовой кран

жду цилиндрической поверхностью барабанов и конвейерной лентой размещена дополнительная гибкая лента, замкнутая на обоих барабанах и с возможностью взаимодействия своей внешней стороной с роликом и с прогибом внутрь контура. Ролик снабжен натяжным приспособлением с возможностью смещения ролика в вертикальных направляющих рамы. Приводное устройство снабжено отклоняющим барабаном. Параметры гибкой ленты – модуль упругости и площадь поперечного сечения ленты, т.е. ее упругие свойства, приняты такими же, как и у конвейерной ленты. От обоих барабанов увеличенное тяговое усилие при коэффициенте трения упругого скольжения передается бесконечному контуру гибкой ленты, а от нее – конвейерной ленте, но уже при ее сцеплении с гибкой лентой при коэффициенте трения покоя. Поскольку коэффициент трения покоя больше по величине коэффициента трения скольжения, конвейерной ленте может быть передано увеличенное тяговое усилие. Так, например, при суммарном угле обхвата конвейерной лентой контура гибкой ленты 225 градусов (с отклоняющим барабаном) и коэффициенте трения упругого скольжения 0,4 тяговое усилие может быть увеличено почти в 1,6–1,8 раза.

Для однобарабанного привода, который широко используется на ленточных конвейерах в промышленности строительных материалов, разработано техническое решение, обеспечивающее совмещение

функций отклоняющего барабана и приспособления для очистки ленты с увеличением тяговых возможностей однобарабанного привода конвейера (рис. 2, б). Отклоняющий барабан кинематически связан с приводным барабаном при передаточном отношении меньше единицы. Кинематическая связь выполнена в виде конических зубчатых колес, установленных на осях обоих барабанов, и связывающего их трансмиссионного вала с коническими шестернями на его концах. На цилиндрической поверхности отклоняющего барабана установлены сменные очистные элементы с возможностью их взаимодействия с рабочей поверхностью ленты, а отклоняющий барабан снизу охвачен огибающим его желобом, наклонный участок которого соединен с приемной воронкой для транспортируемого груза. Мощность двигателя привода ленточного конвейера, затрачиваемая на очистку ленты от прилипших к ней частиц транспортируемого груза, одновременно и в полном объеме используется также для реализации дополнительного движущего усилия, передаваемого ленте. Приращение движущего усилия обеспечивается за счет дополнительного натяжения ленты в зоне ее сбегания с приводного барабана. При этом дополнительное увеличение этого натяжения численно равно сопротивлению очистке ленты, а величина приращения тягового усилия равна произведению этого усилия на тяговый фактор приводного барабана.

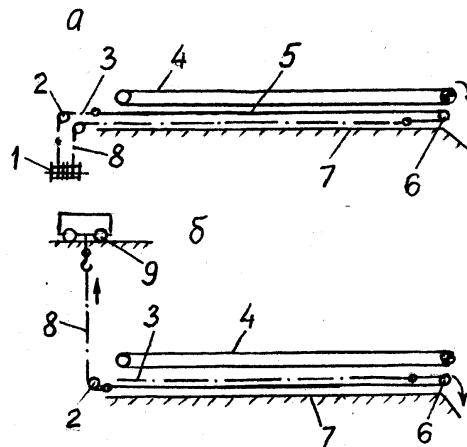
В другой конструкции однобарабанного привода ленточного конвейера функцию отклоняющего устройства для сбегавшей с приводного барабана ленты и приспособления для ее очистки выполняет криволинейная направляющая с очистными элементами с подборщиком продуктов очистки ленты (рис. 2, в).

Повышение надежности и безопасности эксплуатации наклонных ленточных конвейеров может быть обеспечено при установке тормоза непосредственно на тихоходном валу привода конвейера. Это

позволяет исключить аварийную ситуацию при нарушении кинематической связи в системе привода, обеспечивает возможность проведения ремонтных работ, связанных с заменой двигателя, редуктора, восстановлением соединительных муфт при остановке конвейера с загруженной лентой. Предложены конструкции нормально замкнутых тормозов с тормозным моментом более чем на порядок превышающими тормозной момент, обеспечиваемый используемыми в системах приводов ленточных конвейеров серийно выпускаемыми колодочными тормозами. Новые конструкции тормозов разработаны по схемам дисково-колодочных и ленточных тормозов, при этом оригинальными техническими решениями являются устройство самих рабочих органов тормозов, а также механизмы их размыкания и включения.

Для наклонных ленточных конвейеров разработаны улавливающие устройства для грузонесущей и холостой ветвей ленты рычажного, туннельно-клинового и канатного типов, предотвращающие скатывание оборвавшейся ленты. Отличаются увеличенным на порядок и более тормозным моментом по сравнению с известными клиновыми и эксцентриковыми ловителями и надежностью улавливания ленты после ее обрыва.

Источником травматизма и повышенной трудоемкости, а также вынужденных периодических остановок конвейеров является необходимость проведения работ, связанных с уборкой просыпи транспортируемого груза из подконвейерного пространства. При этом несвоевременное проведение этих работ может привести к подпору роликов на холостой ветви ленты, что в свою очередь вызывает интенсивный износ ленты, возможность ее возгорания, пробуксовку ленты на приводном барабане, перегрузку двигателя привода. Не исключено также обрушение галереи под действием веса скопившегося под конвейером материала. Эта проблема достаточно просто может быть решена с помощью



проверенных временем подборщиков просыпи на базе сборных лент с их приводом от канатных лебедок (рис. 3, а) или от мостовых кранов (рис. 3, б), которые имеются практически в любом производственном корпусе. Разгрузка свободно уложенной под конвейером сборной ленты от скопившейся на ней просыпи с ее подачей в приемную воронку конвейера производится один - два раза в смену или в сутки, в зависимости от интенсивности просыпобразования. В качестве сборных лент могут быть использованы снятые с конвейеров изношенные ленты, которые при значительном числе прокладок могут быть разделены на два фрагмента.

При транспортировании ленточными конвейерами тяжелых крупнокусковых грузов могут быть использованы безинерционные опорные устройства на базе пневматиков, которые устанавливаются вместо так называемых амортизирующих роликоопор, которые не могут предохранить ленту от пробоев кусками подаваемого на ленту транспортируемого груза.

В течение ряда лет нами ведутся исследования и разработки, связанные с совершенствованием конструкции и расширением возможностей использования безроликовых ленточных конвейеров, у которых к бортам ленты прикреплены перемещающиеся по направляющим ходовые катки. Впервые эти конвейеры были пред-

ложены, разработаны и внедрены на ряде предприятий Брянским машиностроительным институтом. Новые конвейеры в определенных условиях могут быть альтернативой широко используемым ленточным конвейерам с роликовыми опорами благодаря ряду существенных преимуществ перед ними. Прежде всего, это отсутствие быстроизнашивающихся ролик-опор, снижение энергоемкости транспортирования и износа ленты, отсутствие поперечного схода ленты и увеличение ее несущей способности. Однако пока длина этих конвейеров ограничена из-за отсутствия разработанных натяжных и улавливающих устройств, достаточно сложной конструкции катковых опор и сложностей с проектированием и устройством криволинейных направляющих на концевых участках конвейера при увеличении скорости движения ленты. Для решения этих и других задач, связанных с расширением технических возможностей новых конвейеров, разработано соответствующее оборудование, использование которого снимет ограничения на возможности широкого применения перспективных ленточных конвейеров.

Для транспортирования крупнокусковых абразивных грузов ковшовыми элва-

торами предложен простой и надежный способ крепления ковшей к ленте без снижения ее живого сечения, что позволяет увеличить нагрузку на тяговый орган и уменьшить вероятность его обрыва. Разработана конструкция ковшей и их сочетание друг с другом, позволяющее уменьшить конструктивную высоту элеватора без уменьшения высоты подъема груза. Предложена конструкция загрузочного патрубка с регулировочным приспособлением для изменения направления потока загружаемого в эlevator транспортируемого груза с учетом его меняющихся физико-механических свойств, что позволяет минимизировать поступление транспортируемого груза в башмак элеватора, уменьшить разрушение ковшей и абразивный износ башмака при транспортировании тяжелых абразивных грузов. Вместо ненадежных (из-за усталостного износа) канатных контуров для улавливания оборвавшейся ковшовой ленты разработаны различные варианты ловителей рычажного типа, срабатывающие только в момент обрыва ленты, что обеспечивает снижение трудоемкости работ, связанных с ремонтом и восстановлением элеватора после обрыва ковшовой ленты.

Коротко об авторах

Тарасов Ю.Д. – доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

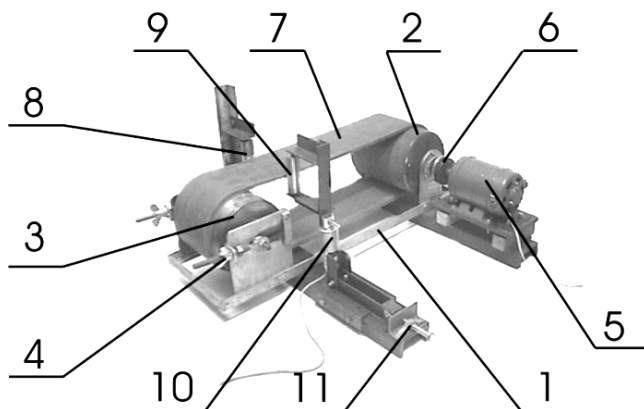
© А.Ю. Захаров, А.Г. Шкуратов,
2005

УДК 622.647.25

А.Ю. Захаров, А.Г. Шкуратов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕНТЫ С ВЕРТИКАЛЬНЫМИ РОЛИКАМИ КОНВЕЙЕРА НА МАГНИТНОЙ ПОДУШКЕ

Семинар № 15



настоящее время ведутся работы по созданию ленточных конвейеров, в конструкциях которых используется бесконтактный способ подвески ленты. Основные преимущества таких конвейеров в том, что в процессе их эксплуатации ожидается снижение:

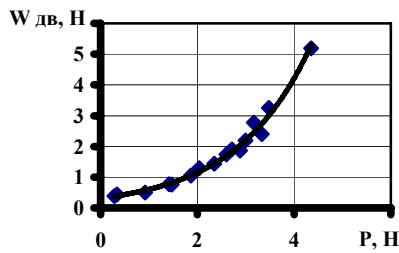
- износа ленты;
- механического трения;
- ограничения по допустимой крупности транспортируемого груза;
- энергоёмкости.

Совокупность этих факторов повысит эффективность транспортирования горной массы.

Бесконтактная подвеска ленты может быть осуществлена с помощью магнитных полей на, так называемой, магнитной подушке [1]. В основе магнитной подушки для ленточного конвейера заложено отталкивание одноименных полюсов постоянных магнитов, одни из которых – опорные – выполняются в виде (например, ферритобариевых) призм, другие – парящие – выполнены в виде ленты из магнитоэласта, которая имеет соответственно намагниченные полосы. При этом конвейерная лента в своей конструкции должна содержать элементы, обеспечивающие передачу тягового усилия, такие как, например, тросы или тканевые прокладки.

Магнитный подвес на постоянных магнитах неустойчив, поэтому для обеспечения устойчивости движения ленты необходимо использовать специальные центрирующие устройства. Одним из направлений решений этого вопроса является использование вертикальных роликов, которые устанавливают по обе стороны магнитоэластичной ленты и предотвращают ее поперечное смещение относительно опорных рядов. При этом способе центрирования появляется необходимость в изучении сил, возникающих при взаимодействии вертикального ролика и ленты, поскольку это взаимодействие, в первую очередь, формирует сопротивление движению ленты. Необходимо отметить, что в системе магнитного подвеса на постоянных магнитах при центральном положении парящих магнитов относительно опорных сила смещения отсутствует и возникает лишь при наличии смещения парящих магнитов относительно опорных. Следовательно, в случае неправильного расчета магнитной системы и недостаточно точном расположении вертикальных роликов силы магнитного смещения окажут существенное влияние на сопротивление транспортирования. Поэтому исследование взаимодействия ленты с вертикальными роликами конвейера на магнитной подушке имеет важное значение.

Для изучения силы сопротивления движению магнитоэластичной ленты конвейера на магнитной подушке в лабораторных условиях был собран стенд (рис. 1).



На раме 1 закреплены два барабана 2 и 3, один из которых – приводной 2, второй – натяжной 3. Изменение натяжения ленты осуществляется винтовой передачей 4. В качестве привода используется электродвигатель постоянного тока 5. Крутящий момент на приводной барабан 2 электродвигатель 5 передает через муфту с упругим элементом 6. Частота вращения двигателя изменялась с помощью автотрансформатора. При помощи стального уголка на уровне грузового участка ленты 7 вертикально закрепляются ролики 8 и 9. Ролик 8 жестко крепится к раме. Ролик 9 – подвижен, он закрепляется на тензометрическом датчике типа Z6C3 производства Германии (позиция 10) и с помощью винтовой передачи 11 позволяет осуществлять его вдавливание в ленту 7. Сигнал с датчика усиливается и записывается в память тензорегистратора производства фирмы «Промвест», с которого в свою очередь данные считываются на жесткий диск персонального компьютера.

На предложенном стенде проводились измерения по определению сопротивления движению ленты 7 $W_{об}$ в зависимости от радиальной нагрузки P на ролики 8 и 9.

Сопротивление движению ленты при ее движении без контакта с вертикальными роликами 8 и 9 складывается из: со-

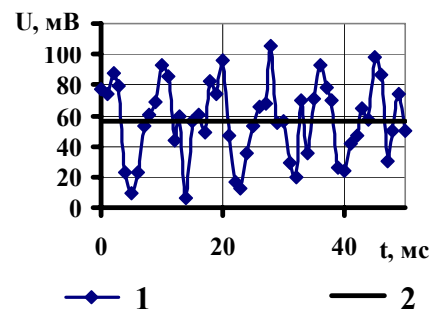
Рис. 2. Показания тензорегистратора во времени при контакте ролика с движущейся лентой

Рис. 1. Общий вид стенда

противления вращению барабанов, сопротивления от изгиба ленты, сопротивления воздушной среды. При этом двигатель потребляет из сети некоторую мощность $P_{об}$, Вт. Если винтовой передачей 11 осуществить вдавливание ролика 9 в ленту 7, то потребляемая из сети мощность $P_{об}$ увеличится, что регистрировалось соответствующими приборами. По величине изменения мощности можно судить об изменении сопротивления движению, которое, очевидно, связано с сопротивлением движению от вдавливания роликов 8 и 9 в ленту 7 и сопротивлением их вращению.

Стоит остановиться на расшифровке показаний тензорегистратора. При обработке результатов на графике зависимости сигнала тензорегистратора во времени получено множество пиков, которые объясняются вибрацией стенда от дисбаланса барабанов, несоосности двигателя - барабана и т. д., что отчетливо прослеживается на рис. 2 (кривая 1), на котором представлен график зависимости показаний тензорегистратора во времени. Причем линия тренда (рис. 2 прямая 2), построенная на основании этих значений, практически параллельна оси абсцисс. Что, в свою очередь, говорит о том, что для расчетов можно воспользоваться средним значением сигнала (линейным трендом).

Измерения проводились следующим



образом: с помощью винтовой передачи II осуществлялось вдавливание ролика 9 в ленту 7. При этом фиксировались следующие параметры: ток и напряжение двигателя, линейная скорость ленты, показания тензорегистратора. Таким образом, в результате проведенных измерений получена зависимость, представленная на рис. 3. Видно, что между силой сопротивления движению ленте $W_{де}$ и силой вдавливания ролика в ленту P существует зависимость вида $W_{де} = 0,314e^{0,6485P}$.

Кроме этого следует отметить, что с помощью данного стенда можно исследовать влияния диаметра ролика, модуля уп-

Рис. 3. Зависимость силы сопротивления движению ленты при ее взаимодействии с вертикальными роликами

ругости ленты, конструкции ее борта и скорости движения на сопротивление движению ленты конвейера на магнитной подушке. Помимо этого имеется возможность исследования устойчивости формы ленты, что имеет важное значение не только для конвейера на магнитной подушке, но и для конструирования рычажных центрирующих роликкоопор конвейеров традиционного исполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А.Ю. Теория и практика использования магнитных полей для предохранения конвейерных лент: Монография. – Кемерово: КузГТУ, 2000. – 155 с.

Коротко об авторах

Захаров А.Ю. – доктор технических наук, заведующий кафедрой,
Шкуратов А.Г. – ассистент,
кафедра «Стационарные и транспортные машины», Кузбасский государственный технический университет.



© В.И. Шелоганов, А.А Романов,
2005

УДК 622.234.5

В.И. Шелоганов, А.А Романов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ ЗЕМЛЕСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ГИДРОМОНИТОРАМИ

Семинар № 15

283

Современные гидромониторно-землесосные комплексы, применяемые для производства гидровскрышных работ на карьерах, имеют сложную структуру, включающую большое количество грунтовых и водяных насосов, которые работают параллельно и последовательно. При этом в большинстве случаев гидротранспортные установки являются многоступенчатыми и работают по схеме с промежуточными зумпфами.

В этом случае большое значение приобретает задача правильной расстановки землесосных станций по трассе трубопроводов. Одним из критериев, определяющих правильность расстановки насосного оборудования по трассе, является максимальный срок работы перекачивающих землесосных станций на одном месте без передвижки.

Обычно общее количество грунтовых насосов, определяемое расчетом для последовательной работы, является дробным и округляется в большую сторону. Это означает, что в большинстве случаев при равномерной расстановке землесосных станций по трассе трубопроводов (режимы работы всех землесосных станций одинаковы) все грунтовые насосы будут работать в перегрузочном или близком к нему режиме, что чревато еще и возможным возникновением кавитации. Поэтому режимы работы всех грунтовых насосов системы гидротранспорта необходимо будет регулировать. Кроме того, при такой расстановке перемещение головной землесосной станции вследствие развития фронта горных работ повлечет за собой необходимость перемещения всех перекачивающих гидротранспортных установок. В связи с этим перекачивающие землесосные станции целесообразно устанавливать в таких местах трассы трубопрово-

дов, где режимы работы грунтовых насосов будут близкими к номинальным или расчетным. В этом случае только насосы головной (забойной) землесосной станции будут работать в перегрузочном режиме и только их режимы работы нужно будет регулировать. Кроме того, перемещение забойной землесосной установки в связи с развитием фронта горных работ не потребует обязательного перемещения перекачивающих землесосных станций до тех пор, пока действительная подача головных грунтовых насосов не станет меньше, чем перекачивающих.

При такой расстановке перекачивающие землесосные станции будут иметь максимальный срок работы на одном месте. В тоже время забойная (головная) землесосная станция будет перемещаться вслед продвижению фронта горных работ и ее режим работы будет приближаться к режиму работы грунтовых насосов перекачивающих насосных станций. Только когда они станут одинаковыми, при дальнейшем перемещении забойной станции в сторону увеличения дальности транспортирования потребуются дополнительная перекачивающая гидротранспортная установка. Если ее местоположение определять исходя из того же принципа (максимальный срок службы на одном месте), то существующие уже перекачивающие землесосные станции останутся на прежнем месте.

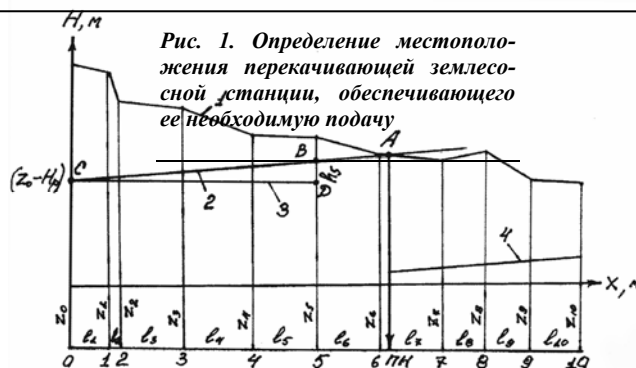


Рис. 1. Определение местоположения перекачивающей землесосной станции, обеспечивающего ее необходимую подачу

Существующие методы расстановки насосных станций по трассе трубопроводов [1,2] исходят из определения местопо-

ложения перекачивающих насосов, которое обеспечивает равенство сопротивлений внешних сетей каждой из насосных установок и, как следствие, одинаковость режимов их работы с подачей, равной суммарной действительной подаче последовательно соединенных насосов, работающих без разрыва сплошности потока (без промежуточных зумпфов). При этом задача решается графически с использованием профиля трассы трубопровода.

Для определения местоположения перекачивающей землесосной станции на профиль трассы трубопроводов наносят линию сопротивления внешней сети, начиная от головного насоса и заканчивая местом выпуска гидросмеси из трубопровода (на гидроотвале, на карте намыва и т. д.). На этой линии находят точку с сопротивлением внешней сети равным напору головного насоса в действительном режиме его работы в последовательном соединении. Эта точка и определяет необходимое местоположение перекачивающей станции. При этом подачи головного и перекачивающего грунтовых насосов будут одинаковыми и равными суммарной подаче гидротранспортной системы $Q_{\Sigma д}$.

Местоположение перекачивающей землесосной станции, которое обеспечит номинальную или расчетную подачу Q_p перекачивающего насоса, можно определить также с помощью профиля трассы трубопровода (1 на рис. 1), построив на нем линию гидравлических сопротивлений во внешней сети (2 на рис. 1). При

этом все построения (профиль трассы трубопровода и линию гидравлических сопротивлений) надо начинать не от головной землесосной станции, как это делают при равномерной расстановке насосов по трассе трубопроводов, а от места выпуска гидросмеси (пикет № 0 на рис. 1) в направлении забойной землесосной станции.

На профиле указываются номера пикетов 0, 1, 2 ... n; расстояния между пикетами l_i и высотные отметки точек перегиба Z_i .

Линия гидравлических сопротивлений представляет собой прямую, которая описывается уравнением

$$h = (z_0 - H_p) + R_o Q_p^2 + R_d Q_p^n,$$

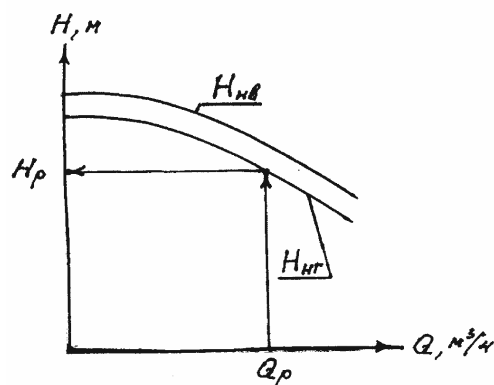
где h – потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений на рассматриваемом участке внешней сети, м; z_0 – геодезическая отметка выпуска гидросмеси на гидроотвале, м; H_p – расчетный напор перекачивающей землесосной станции, м; R_o и R_d – соответственно основной и дополнительный обобщенные коэффициенты сопротивления пульповода от нулевого пикета до соответствующей точки перегиба [1]; Q_p – расчетная подача перекачивающей землесосной станции, м³/с.

Расчетную подачу принимают равной номинальной подаче грунтового насоса или определяют из условий водоснабжения и гидромониторного размыва, или из других соображений, определяющих ее. Расчетный напор H_p определяется по напорной характеристике насоса $H_{нт}$ при работе на гидросмеси, как это показано стрелками на рис. 2 ($H_{нв}$ – напорная характеристика грунтового насоса при работе на воде). Если на перекачивающей землесосной станции работает параллельно несколько грунтовых насосов, то величина H_p определяется по их суммарной напорной характеристике.

Рис. 2. Определение расчетного напора H_p

Практически местоположение перекачивающей землесосной станции определяют в следующем порядке. На оси ординат (пикет № 0) откладывают величину $(z_0 - H_p)$, получая точку С. На расстоянии 500–1000 м выбирают i -ю точку перегиба (в рассматриваемом на рис. 1 примере это т. 5) и для нее по вышеприведенной формуле определяют h_i (в рассматриваемом случае h_5). Из точки С проводят прямую 3, параллельную оси x , до пересечения с ординатой i -той точки перегиба, получая точку D. От этой точки откладывают величину h_i (h_5), получая точку В.

Соединив точки С и В прямой линией и продлив ее при необходимости до пересечения с профилем трассы трубопроводов 1, получают линию гидравлических сопротивлений 2. Точка А пересечения линии гидравлических сопротивлений с профилем трассы трубопроводов и будет



определять местоположение перекачивающей землесосной станции (ПН), при котором ее подача будет равна Q_p .

Если перекачивающих землесосных станций две, то местоположение предыдущей определяется такими же построениями линии гидравлических сопротивлений (линия 4), начиная от отметки расположения последующей станции (т.А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шелоганов В.И., Кононенко Е.А. Насосные установки гидромеханизации. – М.: МГТУ, 1999.

2. Гришко А.П., Шелоганов В.И. Стационарные машины и установки. – М.: МГТУ, 2004.

Коротко об авторах

Шелоганов В.И. – кафедра горной механики и транспорта,
Романов А.А – УК «Кузбассразрезуголь».