

## THEORETICAL ANALYSIS FOR THE OPTIMISATION OF THE BELT CONVEYOR TENSIONING STATION OF AN SRs 2000 EXCAVATOR

**Stanimir Stanchev, Stanislav Georgiev**

*University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia, e-mail: stanimirstanchev@abv.bg; georgiev@abv.bg*

**ABSTRACT.** In the present work, the rubber belt conveyor (RBC) of an SRs 2000 excavator is made on the basis of the main technical parameters influencing the dynamic performance of a conveyor belt for the transportation of opencast working in the conditions of “Maritsa-East Mines” Ltd. The analysis includes the most important parameters, such as: theoretical performance of the conveyor; power consumption of the electric motors (kW) at dénivelation of the conveyor; starting torque (% Nmpl); running torque (kN); braking time (sec); braking torque (N-m); drift time (sec). When the belt conveyor is dénivelated, a number of changes occur in the main technical parameters which directly affect: yield; tension drum stroke; conveyor belt braking time; power required to drive the conveyor belt; weight required to tension the belt, etc. Downloading and reading of the basic technical parameters is necessary to determine the required tensioning force applied to the tensioning drum of the RBC. On the basis of these indicators, various conceptual variants have been developed of tensioning stations for integration to the RBC of the SRs 2000 excavator operating in the conditions of “Maritsa-East Mines” EAD.

**Keywords:** tensioning station, drive drum, tension drum, comparative analysis, assembly.

### ТЕОРЕТИЧЕН АНАЛИЗ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА НАТЕГАТЕЛНА СТАНЦИЯ НА ЛЕНТОВ ТРАНСПОРТЪОР НА БАГЕР SRs 2000

**Станислав Георгиев, Станислав Георгиев**

*Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”*

**РЕЗЮМЕ.** В настоящата разработка е направен анализ на гумено-лентов транспортър (ГЛТ) на багер SRs 2000 на база основните технически параметри, влияещи на динамичните показатели на транспортната лента за транспортиране на откривка, работеща в условията на „Мини Марица-изток“ ЕАД. Анализът включва най-важните параметри като: теоретична производителност на транспортъора; консумирана мощност на електродвигателите (kW) при денивелация на транспортъора; въртящ момент при стартиране (% Nmpl); въртящ момент при работа (kN); време на спиране (sec); спиращ въртящ момент (N-m); време на дрейф (sec). При денивелация на ГЛТ настъпват редица изменения в основните технически параметри, които пряко влияят върху: производителност; ход на натегателния барабан; време за спиране на транспортната лента; необходима мощност за задвижване на транспортната лента; необходима тежест за натягане на лентата и др. Свалянето и отчета на основните технически показатели са необходими за определяне на нужната натегателна сила, приложена върху натегателния барабан на ГЛТ. На база на тези показатели са разработени различни идейни варианти на натегателни станции за интегриране към (ГЛТ) на багер SRs 2000, работещ в условията на „Мини Марица-изток“ ЕАД.

**Ключови думи:** натегателна станция, задвижващ барабан, натегателен барабан, сравнителен анализ, монтаж.

### Въведение

Обикновено при транспортиране на насипни товари в минната индустрия най-евтиният начин за транспортиране на материала е чрез гумено-лентови транспортъори (ГЛТ).

На багер SRs 2000 е инсталиран и въведен в експлоатация ГЛТ с основни технически параметри:

- теоретична производителност  $Q = 5650$  t/h;
- широчина на транспортната лента 2000 mm;
- скорост на транспортната лента 5,5 m/sec;
- най-ниска температура на работната среда  $-18^{\circ}$  C;
- дължина на ГЛТ 41 m.

Тази лента натоварва роторната стрела на багера (Недялков и др., 2016) и влияе пряко на ресурса му.

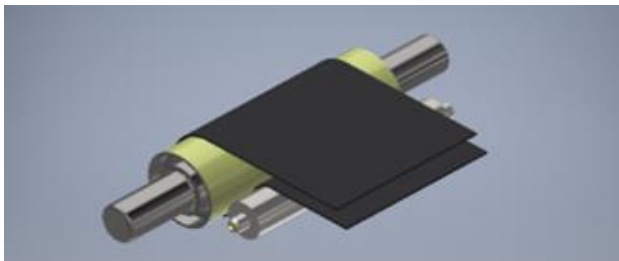
При осъществяване на такъв тип анализи и проекти е необходимо да се предприемат и следват следните стъпки:

1. Запознаване с профила и спецификата на ГЛТ;

2. Запознаване с работния режим на работа на транспортната лента;
3. Определяне на отклонения в основните технически параметри при денивелация на ГЛТ от хоризонтала;
  - консумирана мощност на електродвигателите (kW), при денивелация на транспортъора;
  - въртящ момент при стартиране (% Nmpl);
  - въртящ момент при работа (kN);
  - време на спиране (sec);
  - спиращ въртящ момент (N-m);
  - време на дрейф (sec).
4. Определяне на типа на задвижване на транспортната лента;
5. Отчитане на параметрите от точка 3 при промяна в денивелацията на ГЛТ;
6. Разработване на различни варианти на натегателни станции и интегрирането им към ГЛТ.

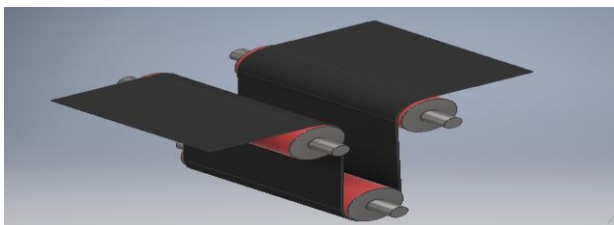
## Запознаване с профила и спецификата на ГЛТ на багер SRs 2000

На фиг. 1 е показан профил на транспортната лента в задвижващата и обръщателна зона. Транспортната лента обхваща 210° от радиалната повърхност на обръщателния и задвижващия барабан.



Фиг. 1. Профил на транспортната лента в задвижващата и обръщателна зона на ГЛТ.

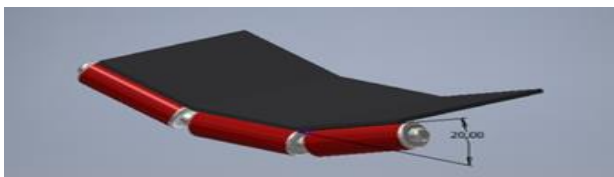
На Фиг. 2 е изобразена траекторията и ъгъла на обхват на транспортната лента, преминаваща през отклонителните барабани и барабана за натягане на платното.



Фиг. 2. Профил и форма на платното в празния клон на ГЛТ.

Изменението в траекторията на транспортната лента е както следва: при преминаване на лентата през натегателния барабан платното обхваща 180° от радиалната му повърхност; при преминаване на лентата през отклонителните барабани платното обхваща 90° от радиалната им повърхност.

На фиг. 3 е изобразена формата на платното в зоната на затоварване и разтоварване в товарния клон на ГЛТ.



Фиг. 3 Профил и форма на платното в товарен клон на ГЛТ.

В отделните участъци платното приема различен ъгъл на пречупване за оформяне на коритообразна форма както следва: товарен клон 0°-15°; 15°-25°; 25°-30°-35°. В празния (обратния) клон транспортната лента е с ъгъл на пречупване 0°. При транспортиране на насипни фракции и товари, транспортната лента се подгъва от опорните ролки поетапно до достигане на максимален ъгъл на отклонение. Този ъгъл е изчислен и зададен първоначално при инсталиране на съоръжението и пускането му в експлоатация.

По този начин платното придобива коритообразна форма в товарния клон. Тази форма не позволява на насипната фракция да се разсипва при транспортиране.

## Работен режим на ГЛТ.

За да се анализира и определи спецификата на работа на транспортната лента е необходимо да се снимат и анализират работните параметри на лентовия транспортър в различните работни режими Таблицы 1,2,3.

Таблица 1. Основни параметри на ГЛТ

Ширина на лентата:	mm	2000
Скорост на лентата:	m/sec	5,58
Производителност на лентата:	mtph	5650
Най ниска температура на околната среда:	° C	-18
Инерционен момент:	kg-m <sup>2</sup>	43
Метод на калкулация:		CEMA Standard (5th)
Сила на триене:	kN	5,8
Натоварване при денивелация:	kN	0
Разни приплъзвания:	kN	1,4

Таблица 2. Спецификация на транспортирания материал.

Вид на материала:		Земя (откривка)
Специфично тегло:	kg/m <sup>3</sup>	1201
Естествен откос на материала:	deg	21
Действителна площ:	m <sup>2</sup>	0,254
Процент на натоварване:	%	54
Разстояние до ръба:	mm	341
Дълбочина на леглото:	mm	279
Размер на буцата:	mm	152
Височина на падане върху улея:	m	2,44
Енергия на удара:	N-m	93,2

Таблица 3. Спецификация на задвижването на ГЛТ

Брой електродвигатели:		2x150 kW
Инсталирана мощност:	/kW	300
Номинални обороти на електродвигателя:	/RPM	1500
Реални обороти на електродвигателя:	/RPM	1471
Диаметър на задвижващ барабан:	/mm.	825
Предавателно число на редуктора:	/i	11,39
Брой редуктори:		2
Номинал на редуктора:	/kW	500
Обороти на задвижващ барабан:	/min-1	123,1

## Определяне типа на задвижване на ГЛТ

Задвижването се реализира с два броя електродвигатели по 150 Kw. Предаването на въртящия момент от тях се предава към входящия вал на редукторите. Между тях има интегрирани дискови спирачки и хидросъединител. След редукторите въртящият момент от тях се предава към задвижващия барабан чрез интегриран зъбен съединител.

Синхронизацията на двата електродвигателя се осъществява чрез твърда механична връзка. Същата е осъществена чрез двустранно окомплектоване на редукторите към шийките на задвижващия барабан.

## Определяне на техническите параметри при денивелация на ГЛТ

При провеждане на анализа се следи за отклонения в техническите параметри на транспортъора. За база се използват стойностите на параметрите при нулево отклонение от хоризонтала (Таблицы 4 и 5).

Таблица 4. Денивелация -7,13 т отклонение от хоризонтала – 10°.

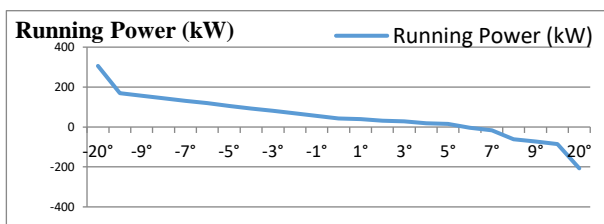
Ъгъл на увиване (Deg)	178	LOW
Инерция (kg-m <sup>2</sup> )	10	LOW
Консумирана мощност (kW)	170	HIGH
Процент на натоварване (%)	56,5	HIGH
Необходим въртящ момент (kN)	28,9	HIGH
Време на спиране (s)	2,96	LOW
Изискван въртящ момент при спиране (% Nmpl)	63	HIGH
Въртящ момент при стартиране (% Nmpl)	131	HIGH
Време на дрейф (sec)	6,6	LOW

Таблица 5. Денивелация -4,73 т, отклонение от хоризонтала -6°.

Мощност (kW)	-4	LOW
Въртящ момент при спиране (% Nmpl)	11	LOW
Въртящ момент при стартиране (% Nmpl)	77	LOW
Въртящ момент при работа (kN)	28,4	LOW
Фактор на триене	0,55	HIGH
Време на спиране (sec)	5,7	HIGH
Време на дрейф (sec)	-265,2	LOW
Спирачен въртящ момент (N-m)	5810	HIGH
Необходима сила на спиране (kN)	-14	LOW

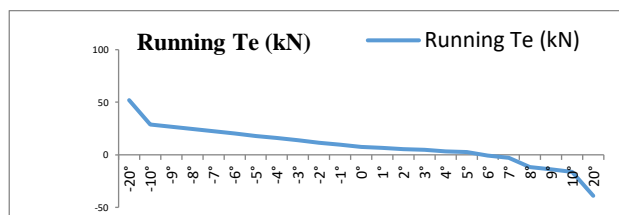
## Отчитане на техническите параметри при промяна в денивелацията на ГЛТ

На Фиг. 5 е изобразена кривата, описваща необходимата мощност (kW) за захранване на електродвигателите при максимална денивелация на транспортъора от -20° до +20°.



Фиг. 5.

На фиг. 6 е изобразена кривата описваща, необходимия въртящ момент (kN) за работа на транспортъора при максимална денивелация от -20° до +20°.



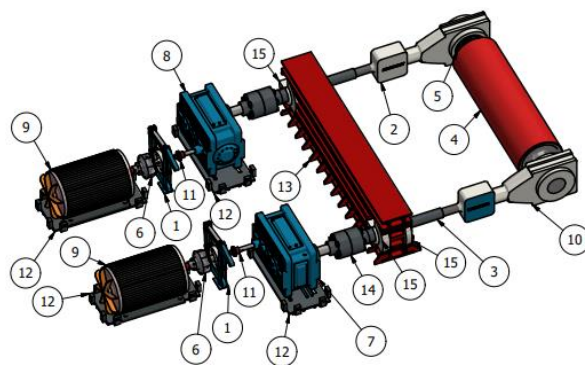
Фиг. 6.

Както се вижда от фигурите, оптималният ъгъл на работа на транспортъора е от -10° до +6°.

## Идейни варианти за изграждане и интегриране на натегателни станции към ГЛТ

### 1. Натягане на транспортната лента – винтово редукторно.

На фиг. 7 са дадени детайлите на системата, а именно: 1- спирачка; 2- тензосензор; 3- винтогаечна предавка; 4- натегателен барабан; 5- радиален лагер; 6- хидросъединител; 7- фундамент на редуктора; 8- редуктор; 9- електродвигател; 10- обтегач; 11-палцов съединител; 12- фундамент на електродвигателя; 13- стационарна опора; 14- зъбен съединител; 15- аксиален лагер.



Фиг. 7.

При денивелация от -10° до +6° максималният ход на натегателния вал е 500 mm, а необходимата максимална сила за натягане на лентата е 82,23 kN.

На обтегачите на натегателния вал има предвидени тензосензори, които отчитат силите на опън, причинени от съпротивлението на опън на транспортната лента.

В комплекта, предвиден за автоматизация на транспортна лента, участват още контролери, сензори за следене за изместване на платното при движение, интегрирани енкодери на електродвигателите и транспортната лента, жирокопи и др. Възможен е също така и мониторинг на системата на персонални стационарни компютри в зависимост от степента на автоматизация.

При подаване на оперативно захранване към контролерите, тензосензорите отчитат в реално време силата на опън на натегателната станция. Също така събират информация от жироскопа, отчитащ ъгъла на отклонение от хоризонтала на транспортъора.

Преимствата на системата са много, но едно от най важните е отчитането дали транспортната лента е в нормален и оптимален режим за работа.

При отчитане на нормални параметри на транспортната лента контролерите автоматично подават сигнал за стартиране на електродвигателите за леко донатягане или отпускане на транспортната лента. По този начин системата се калибрира и тества.

При промяна на ъгъла на отклонение на транспортната лента, автоматизираната система за опън на лентата коригира силата на опън за оптимален режим на работа на транспортъора.

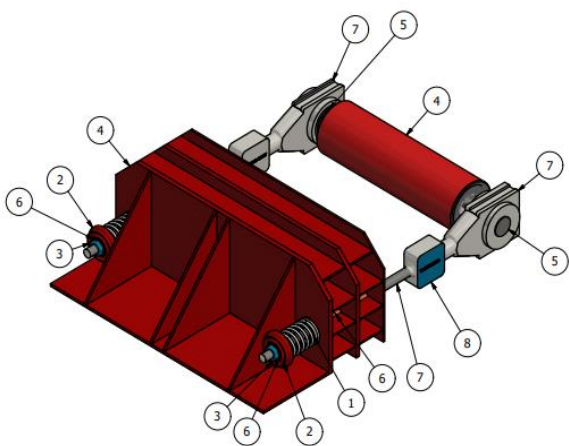
Тази система е предвидена и в останалите проекти с различна степен на автоматизация.

При сервизни дейности системата дава възможност за бързо и надеждно отпускане и в последствие натягане на платното (транспортната лента).

Предвид прецизната настройка на опъвателния вал са подбрани редуктори с голямо предавателно съотношение, за бавен и плавен ход на натегателния барабан.

## 2. Натягане на транспортната лента – пружинно.

На фиг. 8 са дадени детайлите на системата, а именно: 1- пружина; 2- пружинна опора; 3- натегателна гайка; 4- неподвижна опора; 5- радиален лагер; 6- шайба; 7- винт с трапецовидна резба; 8- тензосензор.



Фиг. 8.

На обтегачите на натегателния вал има предвидени тензосензори, които отчитат силите на опън, причинени от съпротивлението на опън на транспортната лента.

В комплекта, предвиден за автоматизация на транспортна лента, участват още контролери, сензори за следене за изместване на платното при движение, интегрирани енкодери на електродвигателите и транспортната лента и др.

Тази система е с най ниска степен на автоматизация, където съществен е човешкият фактор.

При сервизни дейности системата не дава възможност за бързо и надеждно отпускане и в последствие натягане на платното (транспортната лента).

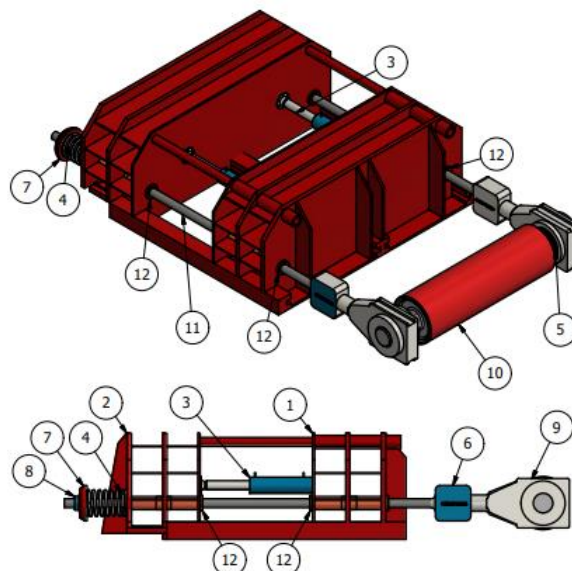
Дейностите по настройка за опъване и центриране на платното отнемат много време спрямо автоматизираните системи за прецизно натягане на платното.

## 3. Натягане на транспортната лента – пружинно хидравлично.

На фиг. 9 са дадени детайлите на системата, а именно:

1- неподвижна опора; 2- подвижна опора; 3- хидравличен цилиндър; 4- пружина; 5- радиален лагер; 6- тензосензор; 7- пружинна опора; 8- натегателна гайка; 9- обтегач; 10- натегателен барабан; 11- винт с трапецовидна резба; 12- месингова водеща втулка.

На обтегачите на натегателния вал има предвидени тензосензори, които отчитат силите на опън, причинени от съпротивлението на опън на транспортната лента.



Фиг. 9.

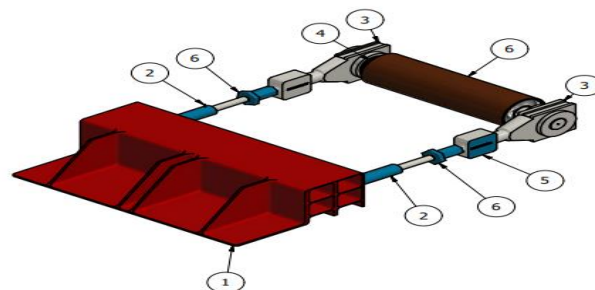
В комплекта, предвиден за автоматизация на транспортна лента, участват и контролери, сензори за следене за изместване на платното при движение, интегрирани енкодери на електродвигателите и транспортната лента и др.

Тензосензорите следят също за целостта на лентата и сили на опън, причинени от пружините.

При сервизни дейности тази системата дава възможност за бързо и надеждно отпускане и в последствие натягане на платното (транспортната лента), чрез промяна на налягането в хидравличните цилиндри. Тук влиянието на човешкия фактор е сведено до минимум.

## 4. Хидравлично натягане на транспортната лента.

На фиг. 10 са дадени детайлите на системата, а именно: 1- неподвижна опора; 2- хидравличен цилиндър; 3- обтегач; 4- радиален лагер; 5- тензосензор; 6- натегателен барабан.



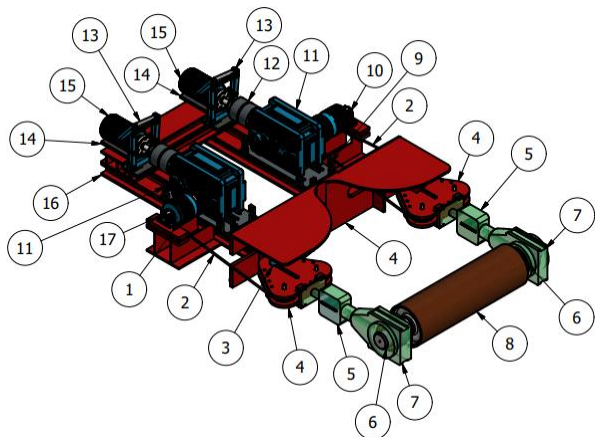
Фиг. 10.

Параметри на хидравличния цилиндър:

- Модел: УН-100/500;
- EAN. №: \*150606;
- Капацитет на избутване: 1000 /kN;
- Капацитет на издърпване: 450 /kN;
- Ход на буталото: 500 /mm;
- Максимален обем на маслото в цилиндъра: 7157 /cm<sup>3</sup>;
- Затворена височина на цилиндъра: 725 /mm;
- Максимално налягане: 700 /(bar);
- Работно налягане: 350 /(bar);
- Външен диаметър на цилиндъра: 180 /mm;
- Собствено тегло: 118,0 /kg.

## 5. Полиспастно натягане на транспортната лента

На фиг. 11 са дадени детайлите на системата, а именно: 1- шаси (фундамент); 2- въже; 3- опора полиспаст; 4- полиспаст; 5- тензосензор; 6- радиален лагер; 7- обтегач; 8- натегателен барабан; 9- плоча лагерни опори; 10- лагерни опори на въжен барабан; 11- редуктор; 12- зъбен съединител; 13- спирачка; 14- плоча електродвигател; 15- електродвигател; 16- шаси на електродвигател; 17- въжен барабан.

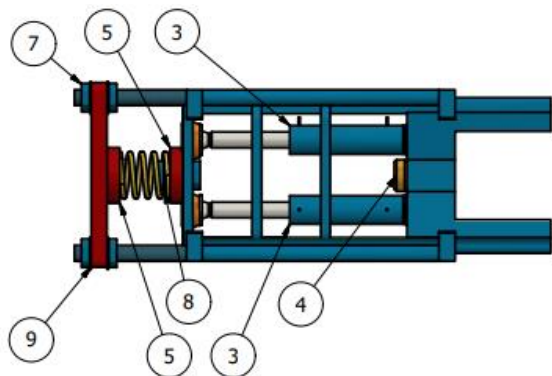


Фиг. 11.

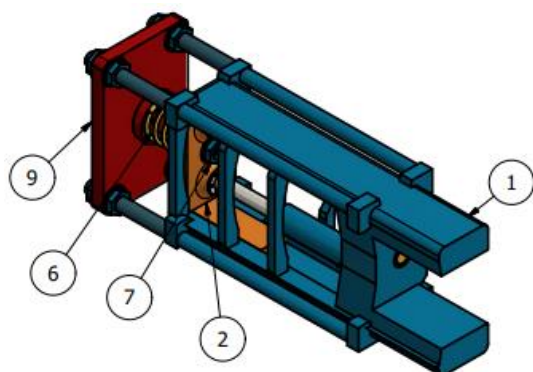
Станцията е изградена от множество гъвкави и подвижни елементи (въжета), което я прави неефективна, сложна за обслужване, непрецизна и тромава.

## 6. Натягане на транспортната лента – пружинно двойно хидравлична, в задвижваща станция.

На фиг. 12 и фиг. 13 са дадени детайлите на системата.



Фиг. 12.

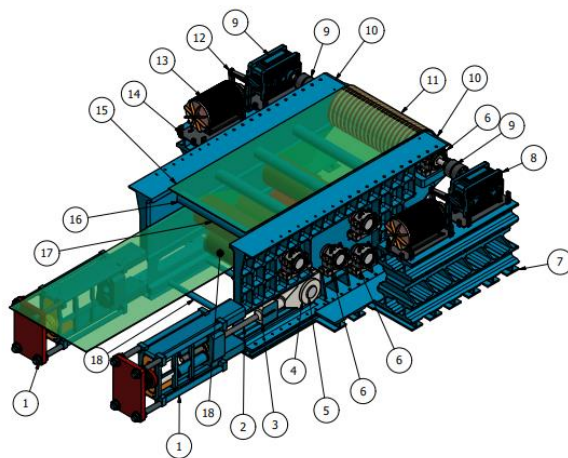


Фиг. 13.

Означенията на фигури 12 и 13 са: 1- неподвижна опора; 2- подвижна опора; 3- хидравличен цилиндър; 4- втулка месингова; 5- пружинна опора; 6- пружина; 7- гайка; 8- шайба; 9- опорна плоча.

## 7. Интегриране на натегателна система от тип: Пружинно двойно хидравлична в задвижваща станция на транспортната лента.

На фиг. 14 са дадени детайлите на системата, а именно: 1- пружинно двойно хидравлична система; 2- винт с трапецовидна резба; 3- тензосензор; 4- обтегач; 5- радиален лагер; 6- лагерна опора; 7- шаси на транспортната лента; 8- редуктор; 9- зъбен съединител; 10- шаси на задвижваща станция; 11- задвижващ барабан; 12- спирачен механизъм; 13- електродвигател; 14- плоча електродвигател; 15- транспортна лента; 16- дистанционер; 17- отклонителен барабан; 18- натегателен барабан.



Фиг. 14.

*Предимства на варианта:*

1. Разпределена маса на натегателната станция към опорите на багера, центрирана над шарнирната точка;
2. Лесен достъп на персонала за обслужване на ГТЛ;
3. По-ниски разходи за електроенергия, свързана с репозициониране на стрелата на багера.

*Недостатъци:*

1. Високо първоначално капиталовложение за реализация на проекта;
2. По-дълъг престой на съоръжението в аварийен режим до пълната интеграция на оборудването.

## Заклучение:

След направения сравнителен анализ и разгледаните идейни варианти за оптимизиране и интегриране на натегателна станция на ГТЛ на багер SRs 2000, работещ в условията на „Мини Марица-изток“ ЕАД могат да се направят следните изводи.

Изместването на натегателната станция над шарнирната точка на багера би довело до елиминиране на инсталираната натегателна станция на стрелата на багера.

Текущата позиция на натегателната станция, която е инсталирана на стрелата на багера, утежнява цялостната конструкция с приблизително 15000 kg на стрелата.

В различните варианти на проектиране, тежестта на стрелата се увеличава между 22 853 и 30 573 kg.

Най-подходящият за реализиране проект е № 6 – „Натегателна станция за лентов транспортър, тип натягане на транспортната лента – пружинно двойно хидравлична, в задвижваща станция“.

### **Литература**

Бандов, К., М. Матеев, С. Деевски. 1967. *Транспорт при открити рудници*. Техника, София.

Кузманов, А. И. 1986. *Транспорт в обогатителни фабрики*, Техника, София.

Кузьмин, А. Б., И. М. Чернин, Б. С. Козинцов. 1982. *Расчеты деталей машин*. Минск.

Недялков, П., И. Минин, С. Савов. 2016. Относно оценката на ресурса на многокофовите багери, *Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски“, Святък III, Том 59, София, 10-14, ISSN 1312-1820*.

Шейретов, Хр. 2013. *Рудничен конвейерен транспорт*. София, Издателска къща на МГУ, София.