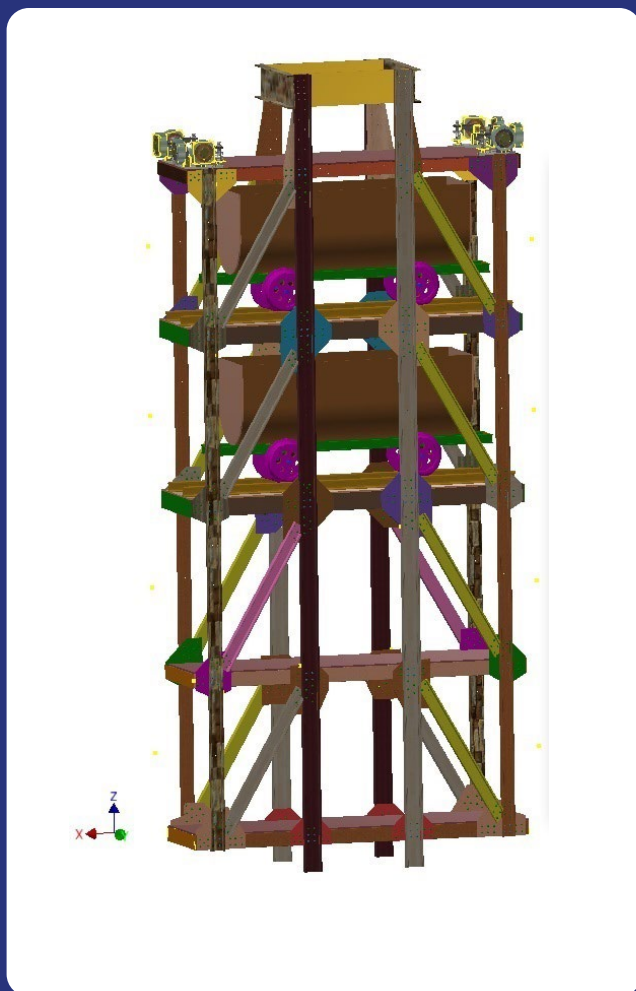


ЖИВКО ИЛИЕВ

АНАЛИТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ОСНОВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ С ТРИЕЩИ ШАЙБИ



София, 2026

ЖИВКО ИЛИЕВ

**АНАЛИТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ
НА ОСНОВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА
РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ
С ТРИЕЩИ ШАЙБИ**

МОНОГРАФИЯ

**Издателска къща „Св. Иван Рилски“
на МГУ „Св. Иван Рилски“**

София, 2026

Потребностите от полезни изкопаеми в световен мащаб ще наложи увеличаването на техният добив. Изхождайки от начина на залягане на полезните изкопаеми в земните недра, интензивно ще се увеличава добива по подземен начин. Всичко това ще изисква строителството на нови дълбоки шахти и реконструкцията на съществуващите с цел увеличаване на товароподемността и скоростта на Рудничните подземни уредби(РПУ). Производствената мощност на действащите и строящите се нови подземни рудници се определя преди всичко от пропускателната способност на Рудничния подеи(РП), увеличението на който е сложен технически проблем. Монографията ще бъде полезна при проектирането на руднични подеи уредби прилагани за големи дълбочини. Книгата ще служи и в обучението на студенти и научни работници, както ще бъде полезен материал за инженерите от производството.

© 2026 Живко Григоров Илиев, автор

© 2026 Рецензенти:

проф. д-р Никола Борисов Мърхов

доц. д-р Ромео Фердинандов Александров

© 2026 Научен редактор:

проф. д-р Кирил Сталинов Джустров

© 2026 Издателска къща „Св. Иван Рилски“

на МГУ „Св. Иван Рилски“

ISBN 978-954-353-514-9 (мека подвързия)

ISBN 978-954-353-515-6 (pdf)

ВЪВЕДЕНИЕ

Рудничните подемни уредби по своята икономичност и универсалност се намират на първо място сред рудничните транспортни системи. Те са руднични стационарни уредби изискващи големи капитални вложения за проектирането и приложението им в реална производствена среда и консумиращи около 50% от електроенергията на рудника.

С увеличаване на дълбочината на разработването на находището, неизбежното нарастване на скоростта на подема и крайните натоварвания на всички звена на подема, към конструктивните решения и монтажни изпълнения на подемните уредби се предявяват все по-високи изисквания.

Съвременните руднични подемни уредби представляват сложни електромеханични устройства, които работят в тежки режими на работа и тяхното изчисляване и конструиране изисква много теоретични познания и експериментални изследвания в реални условия.

Основните съоръжения на подемната уредба са: подемната машина, надшахтана кула с направляващи шайби, подемните съдове с окачващите устройства и подемни и долни уравновесяващи въжета. Армировката на вертикалните руднични шахти е отговорен елемент от подема осигуряващ неговата високопроизводителна и безаварийна експлоатация. Самата подемна машина има следните елементи: орган за навиване на подемното въже, електрозадвижване, спирачна система, контролно-измервателна и защитна апаратура.

От нормалната и безаварийна работа на подемната уредба зависи в значителна степен производителността на рудника. Режимът на работа на подемната уредба трябва да бъде организирана така, че да може да осигури изпълняването на всички задачи и операции при максимално използване възможностите на уредбата.

ГЛАВА I

ПОДЕМНИ УРЕДБИ С ТРИЕЩ ОРГАН НА НАВИВАНЕ

1.1. Основни положения при работа на подземни уредби с триещ орган на навиване

Особеността на рудничните подеми уредби с триещ орган на навиване или така наречената триеща шайба „система Кьопе“ е тази, че подземното въже не е закрепено неподвижно към органа на навиване, както е при рудничните подземни уредби с барабан. Теглителната сила зависи от закона, по който се изменя опъващата сила на въжето в участъка между точките на влизане и излизане от канала на задвижваща шайба или шайби, ако уредбата е многовъжена. [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17].

Поради експлоатационни недостатъци на едновъжените подземни уредби с триещ орган на навиване тяхното приложение е ограничено. Такива недостатъци са: задължително окачване на долно уравновесяващо въже независимо от височината на подема; при скъсване на едно от въжетата (подземното или уравновесяващото) и двата подеми съда падат в шахтата; възможно е приплъзване на въжето при пускане и спиране, поради което има ограничаване на скоростите и др [24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33].

Многовъжените подземни уредби (*фигура 1.1.*) с триещ орган на навиване отстраняват тези недостатъци на едновъжените и значително увеличават тяхното използване в подземните рудници.

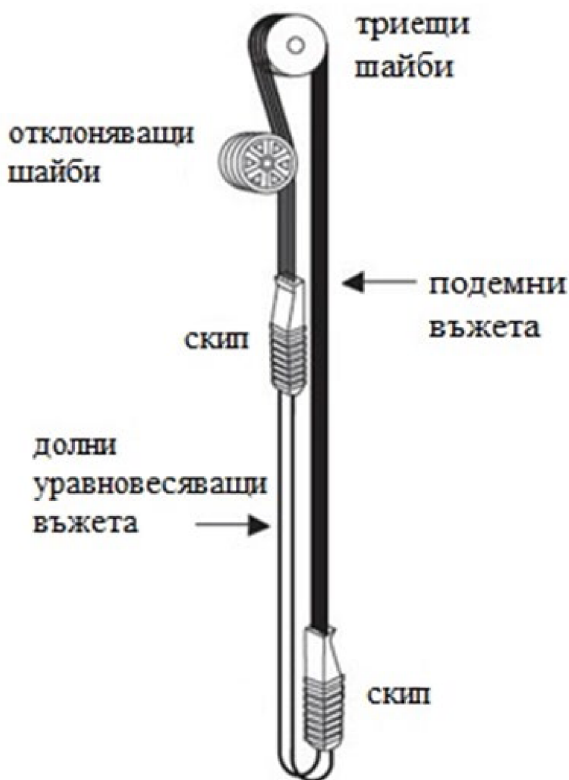
Предимствата на многовъжените подземни уредби в сравнение с едновъжените са:

- голяма товароподемност и възможност за подем на големи дълбочини;
- размерите, масата и двигателя на подземната уредба са по-малки;
- многовъжената уредба се монтира върху надшахтната кула, което подобрява работата на подземните въжета и ги предпазва от атмосферните условия;

- наличието на няколко подежни въжета увеличава безопасността, тъй като едновременното скъсване на всички въжета е невъзможно, което дава възможност за работа без парашутни устройства.

Трябва обаче да се споменат и някои недостатъци на многовъжените подежни уредби[34, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46]:

- разпределението на товара между подежните въжета не е равномерно, което води до различното им износване;
- сменяване и техническите прегледи на подежните въжета се усложняват от техния брой;



Фигура 1.1. Схема на многовъжена подежна уредба с триеши и отклоняващи шайби

I.2. Видове подземни уредби с триещ орган на навиване

На *фигура 1.2.* са показани основните типове подземни уредби с триещ орган на навиване: 1а) – едновъжена ПУ(подемна уредба) с отклонителни шайби; б) – двувъжена ПУ; с) – едновъжена ПУ без отклонителни шайби и d) – многовъжена ПУ. Елементите на ПУ са дадени както следва: 1- триещ орган на навиване на въжето; 2 – отклонителни шайби; 3 – подемни въжета; 4 – подемнен съд и 5 – долни уравновесяващи въжета [47, 48, 49, 50].

При подземните уредби с триещ орган на навиване на въжето, то само обхваща на известен ъгъл триещата шайба и не е свързано неподвижно с нея. Подемното въже се увелича от триещата шайба благодарение на силите на триене между въжето и каналите на задвижващата шайба.

ПУ с едновъжени триещи шайби имат следните недостатъци: 1) – При скъсване на едно от въжетата (подемното или уравновесяващото) и двата подемни съда падат в шахтата; 2) – Не могат да работят с обикновени обръщателни съдове; 3 – Няма голяма товароподемност и възможност за работа на големи дълбочини. Приложението на тези ПУ е ограничено поради експлоатационните им недостатъци.

Многовъжените ПУ до голяма степен отстраняват тези недостатъци и значително увеличават тяхното приложение. Многовъжената ПУ представлява няколко едноканални триещи шайби монтирани на един общ вал. При тях подемният съд е окачен на няколко въжета, най – често четен брой(две, четири, шест, осем и дори десет). За да се избегне възможността за завъртането на подемния съд по време на движение, подемните въжета се редуват ту с дясна , ту с лява плетка.

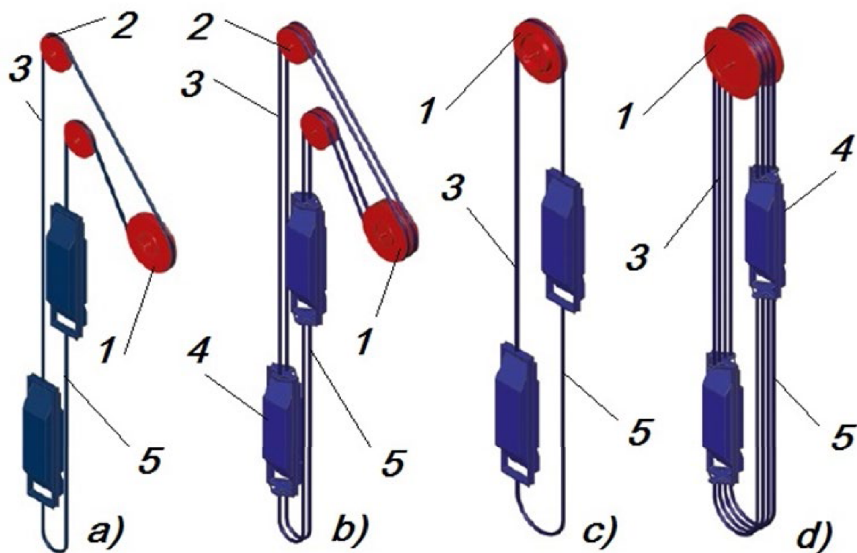
Недостатъците на многовъжените ПУ са:

1) – едновременната работа на няколко хоризонта е невъзможна при уредби с два подемни съда, като това може да се избегне при уредби с един подемнен съд и противотежест;

2) – има ограничения на ускоренията поради опасност от приплъзване при пускане и спиране;

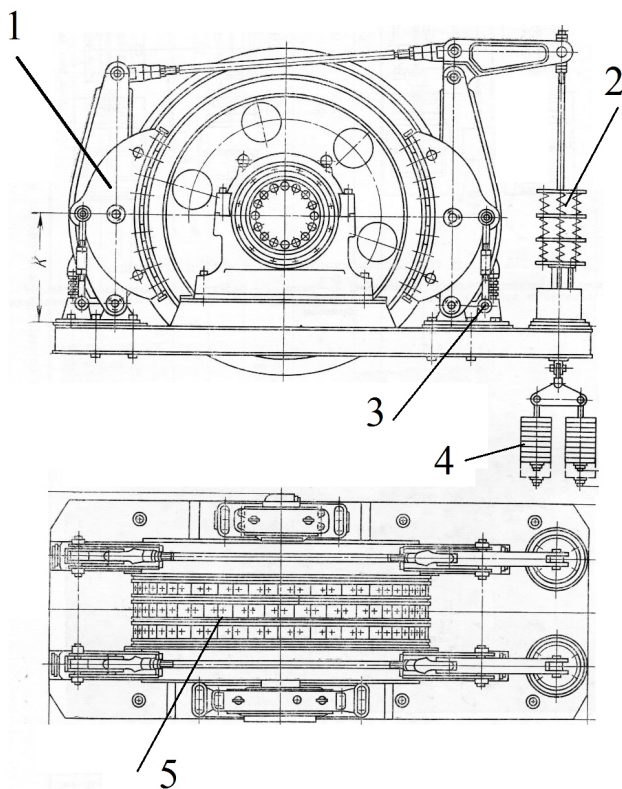
3) – съществува неравномерно разпределение на товара между подемните въжета, което води и до различно износване на отделните въжета;

4) – техническите прегледи на подемните и уравниващите въжета се усложнява в зависимост от техният брой.



Фигура 1.2. Схеми на подемни уредби с триещи шайби

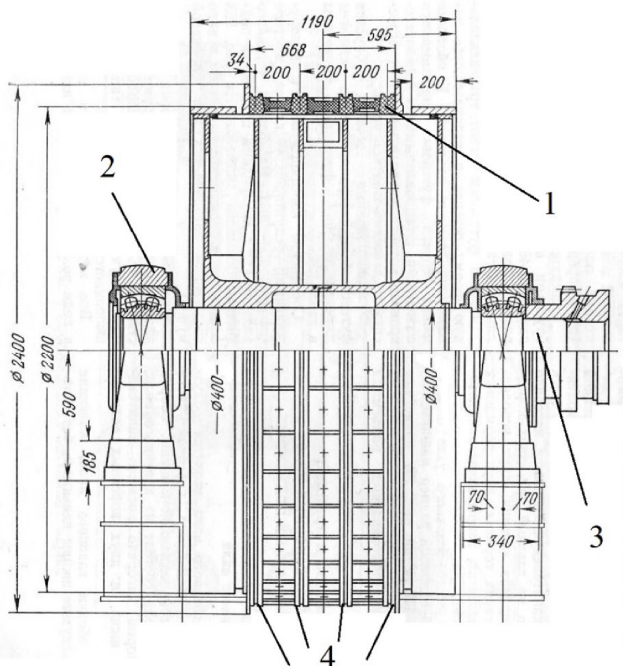
Многовъжените триещи шайби са използвани за първи път в Швеция през 1938г. Те дават възможност за подем на големи товари на големи дълбочини, като при това самите машини са значително по-малогобаритни от барабанните такива. Броят на подемните въжета е четен брой с оглед на това във всеки чифт да има въже с ляво или дясно усукване. По този начин се отстранява влиянието на усукването на въжето върху окачващото устройство и се намалява износването на направляващите устройства и водачите. Броят на въжетата се определя от крайното натоварване, от дълбочината на подем и възможността да се използват въжета с еднакъв диаметър при различни крайни натоварвания.



Фигура 1.3. Чертеж на многовъжена триеща шайба
Позиции: 1 - спирачни челюсти, 2 – работни пружини, 3 – шарнир на спирачката, 4 – работни пружини, 5 – канали за работните въжета

Многовъжените подеми уредби са по-безопасни в сравнение с барабанните, защото вероятността да се скъсат всички въжета едновременно клони към „нула“. Ето защо при уредби с въжета над 4 на брой отпада необходимостта от парашутно устройство.

Отклонителните шайби позволяват да се регулира разстоянията между отделните съдове и по този начин се увеличава ъгъла на обхват, като така става нарастване на коефициента на сигурност против приплъзване на въжетата.



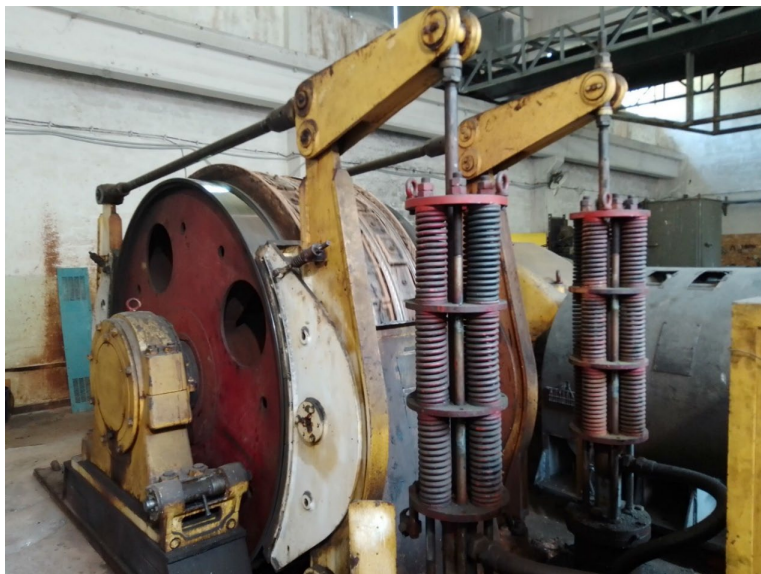
**Фигура 1.4. Чертеж на многовъжена триеща шайба
тип МК 2,25 х4Р**

**Позиции: 1 – многовъжена триеща шайба, 2 – лагерни черупки, 3 –
основен вал на подезната шайба , 4 – канали за работните въжета**

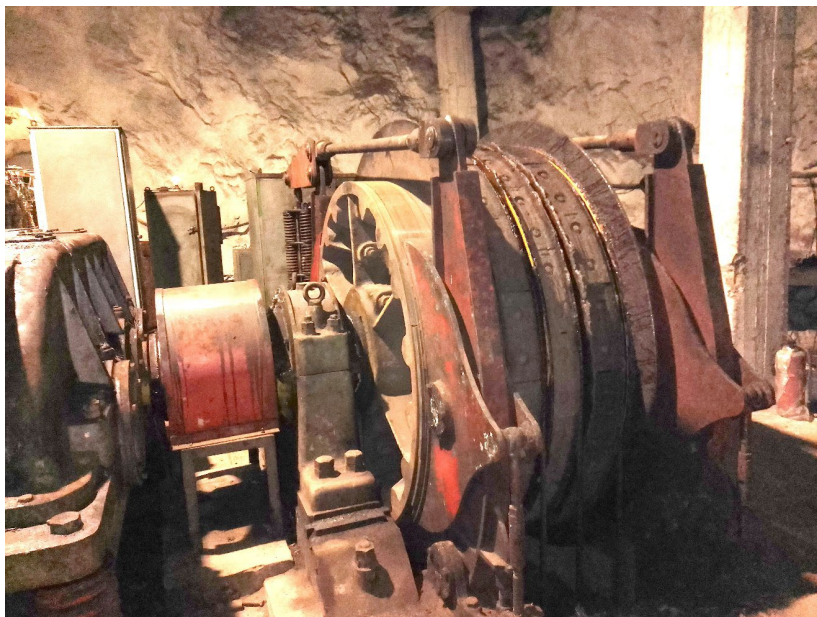
Към основните недостатъци може да отнесем допустимите ускорения на подезните съдове, тъй като съществува опасно от приплъзване на въжетата при преходните процеси, а именно пускане и спиране.

За изравняване разликата в натоварванията на отделните подезни въжета се прилагат специални окачващи устройства на подезния съд.

На *фигури 1.3 и 1.4* са дадени чертежи на многовъжени триещи шайби с четири въжета. На *фигури 1.5. и 1.6.* са показани снимки на работещи многовъжени подезни уредби както следва: на шахта „Крушев дол“ – в „Горубсо“-гр. Мадан тип МК 2,25 х4Р-6 и на шахта „Петровица“ – в „Горубсо“-гр. Мадан тип МК 2,1 х4Р- 18.



Фигура 1.5. Многовъжена подъемна уредба тип МК 2,25 х4Р-6 работеща на шахта „Крушев дол“ – в „Горубсо“-гр. Мадан



Фигура 1.6. Многовъжена подъемна уредба тип МК 2,1 х4Р- 18 работеща на шахта „Петровица“ – в „Горубсо“-гр. Мадан

I.3. Спирачни устройства за руднични подемни уредби с многовъжени триещи шайби

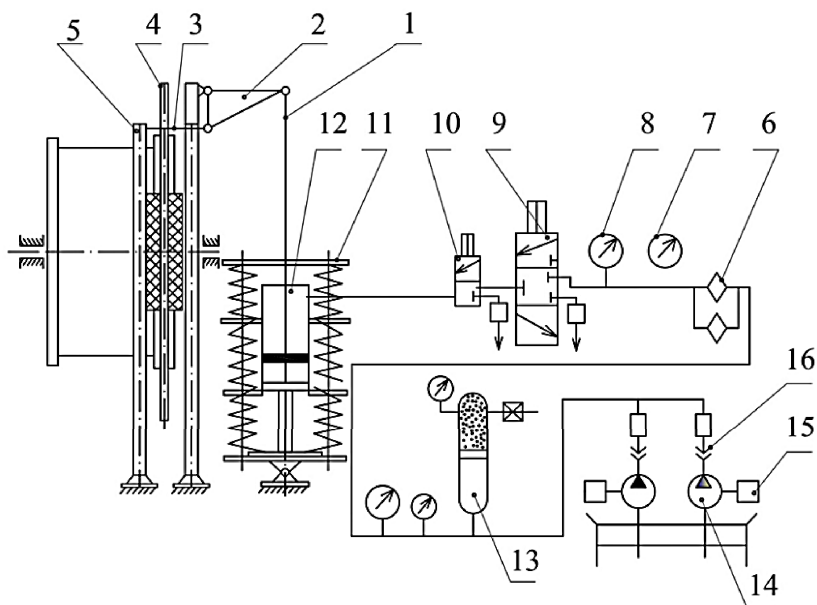
Според изискванията на ПБТ всяка руднична подемна машина трябва да има спирачни устройства. Едни от най-отговорните агрегати на рудничната подемна уредба са спирачните устройства. Спирачните устройства трябва да изпълняват следните задачи: 1 - управление на подемната машина през периода на закъснителното движение; 2 – участие при управлението на подемната машина при спускането на товар; 3 – застопоряване на подемната машина в неподвижно състояние по време на паузите; 4 – аварийно спиране при нарушаване на приетия режим на работа. Според задачите, които изпълняват спирачните устройства се делят на работни и предпазни спирачки. Всяка подемна машина трябва да има работна и предпазна спирачка с независимо включване. Изпълнителния орган на двете спирачки може да бъде общ. Предпазното спиране се осъществява автоматично при задействане на защитната апаратура или от машиниста при необходимост[22].

I.3.1. Устройство и принцип на работа на хидравлични дискови спирачни устройства

На *фигура 1.7.* е показана схема на дисково спирачно устройство със следните елементи: 1 – вертикална щанга; 2 – двураменен лост; 3 – съединителна щанга; 4 – спирачен диск; 5 – вертикална стойка; 6 – филтър; 7 - контактен манометър; 8 - манометър; 9 - регулатор на налягане; 10 – електрохидравличен предпазен клапан; 11 – спирачна пружина; 12 – спирачен хидроцилиндр; 13 – пневмоакумулатор; 14 - маслена помпа; 15 – двигател; 16 – обратен клапан. Работното спиране се осъществява чрез регулатора на налягане(9), който изпуска масло от спирачния хидроцилиндр(12), при което свитите пружини се освобождават и притискат накладките към диска. При предпазно спиране електрохидравличния клапан(10) се задейства и става изтичане на масло от

спирачния цилиндър към резервоара, при което пружините се разпъват и включват спирачките[22, 43, 44].

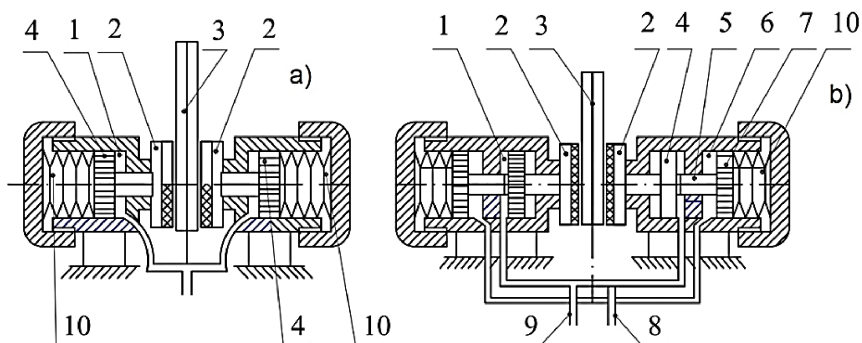
На *фигура 1.8.* са дадени схеми на задвижващи елементи на дискова спирачка със следните елементи: 1 - цилиндър на работната спирачка; 2 – спирачни накладки; 3 – спирачен диск; 4 – бутало на работната спирачка; 5 – бутален прът; 6 - цилиндър на предпазната спирачка; 7 – бутало на предпазната спирачка; 8, 9 – тръбопроводи; 10 – пружини.



Фигура 1.7.

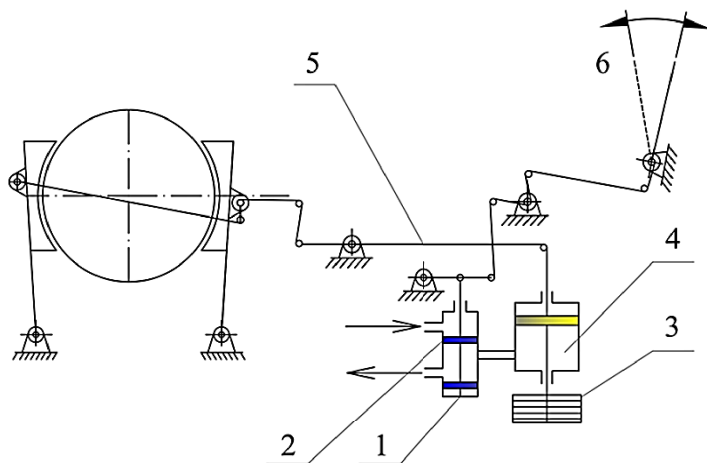
На *фигура 1.8. а)* е дадена схема на задвижващ елемент на дисково спирачно устройство, при което става изпускане на масло при работно и предпазно спиране. При него спирачната сила се създава от предварително свитите пружини, които чрез буталото 4 въздействат на спирачките. На *фигура 1.8. б)* е дадена схема на задвижващ елемент на дисково спирачно устройство работещо на изпускане на масло при предпазно спиране и постъпване на масло при работно спиране. При работно спиране масло под

налягане се подава към спирачния цилиндър(1) и чрез буталото се притискат накладките. При предпазно спиране масло от цилиндъра на предпазните спирачки изтича и освободените пружини чрез елементите 4, 5 и 7 притискат накладките към спирачния диск.



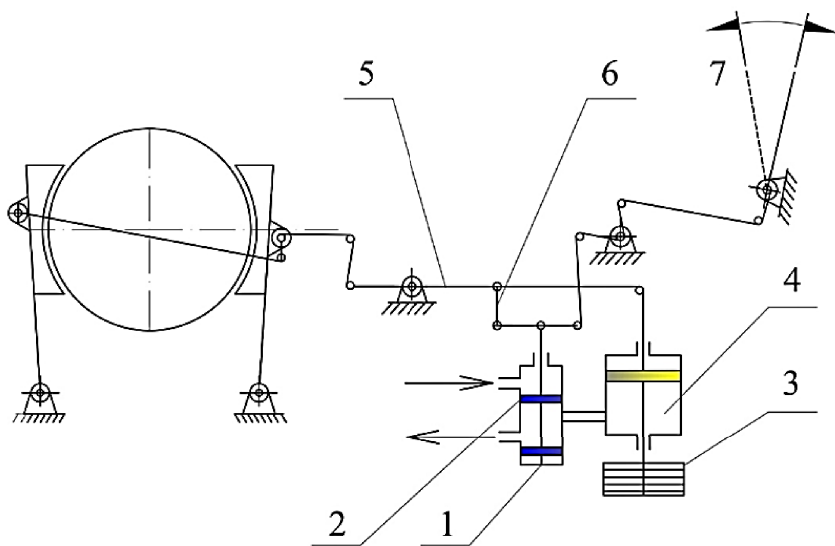
Фигура 1.8.

I.3.2. Регулиране на спирачния момент при работно спиране.



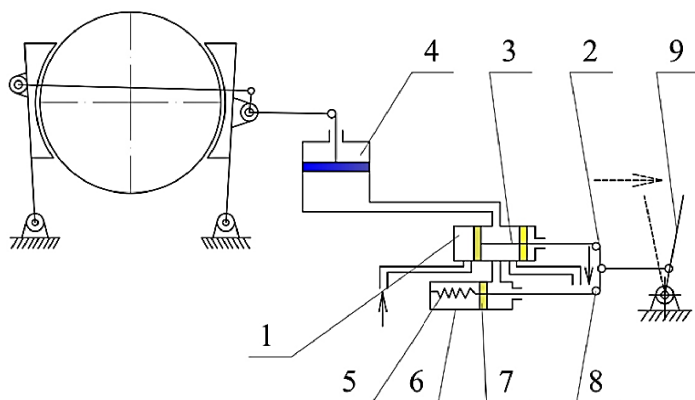
Фигура 1.9.

На *фигура 1.9.* е дадена схема на регулиране на спирачния момент (с работен флуид - въздух) директно чрез ръкохватката на спирачното устройство. На схемата са изобразени следните позиции: 1- триходов кран; 2 - бутало; 3 - спирачна тежест; 4 – спирачен цилиндър; 5 - спирачен лост; 6 - ръкохватка. Управлението се извършва с помощта на триходовия кран, като буталото му е свързано с ръкохватката за управление. В зависимост от положението на буталото в спирачния цилиндър, спирачната тежест се премества нагоре или надолу и определя големината на спирачния момент.

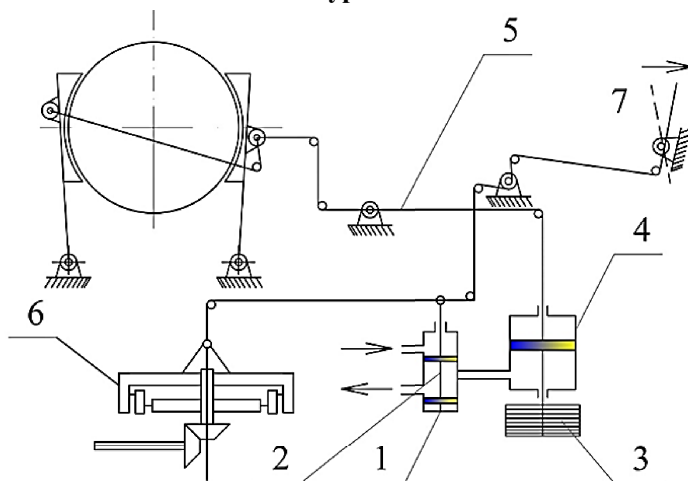


Фигура 1.10.

На *фигура 1.10.* е дадена схема на регулиране на спирачния момент (с работен флуид - масло) чрез спирачния лост. На схемата са изобразени следните позиции: 1 - триходов кран; 2 - бутало; 3 - спирачна тежест; 4 – спирачен цилиндър; 5 - спирачен лост; 6 – диференциален лост, 7 - ръкохватка. При тази схема съществува твърда обратна връзка между буталото (2) и спирачния лост (5) чрез диференциалния лост (6). Обратното връщане на буталото в триходовия кран се осъществява без намесата на машиниста.



Фигура 1.11.



Фигура 1.12.

На *фигура 1.11.* е дадена схема на регулиране на спирачния момент(с работен флуид - въздух) чрез индикатор на налягане. На схемата са изобразени следните позиции: 1 - триходов кран; 2 и 8 - диференциален лост; 3 - бутало; 4 - спирачен цилиндър; 5 – пружина; 6 – индикатор на налягане; 7 - бутало на индикатора; 9 - ръкохватка. При преместване на ръкохватката диференциалния лост се завърта така, че буталото на

триходовия кран се придвижва и постъпва въздух под налягане от въздухосборника в работния цилиндър. При изменение на налягането в спирачния цилиндър се изменя и положението на буталото на индикатора, което завърта диференциалния лост и връща обратно буталото на триходовия кран.

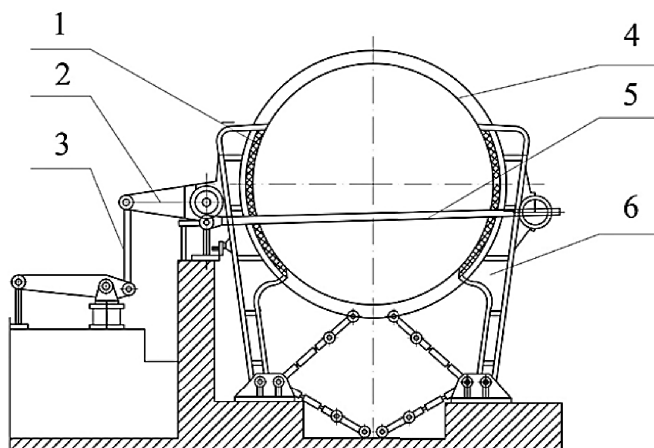
На *фигура 1.12.* е дадена схема на регулиране на спирачния момент(с работен флуид - масло) чрез индикатор на закъснение. На схемата са изобразени следните позиции: 1 – триходов кран; 2- бутало; 3 – спирачна тежест; 4 – спирачен цилиндър; 5 – спирачен лост; 6 – индикатор на закъснение; 7 – ръкохватка. Чрез ръкохватката при спиране буталото на триходовия кран се премества и от спирачния цилиндър изтича масло, а спирачната тежест се премества надолу. Буталото на триходовия кран е свързан чрез лостова система с индикатора на закъснение. Изтичането на масло от цилиндъра продължава, докато буталото на триходовия кран не се върне в неутрално положение, като това се случва при достигане на необходимото закъснение.

1.3.3. Устройство и принцип на работа на челюстни спирачни устройства .

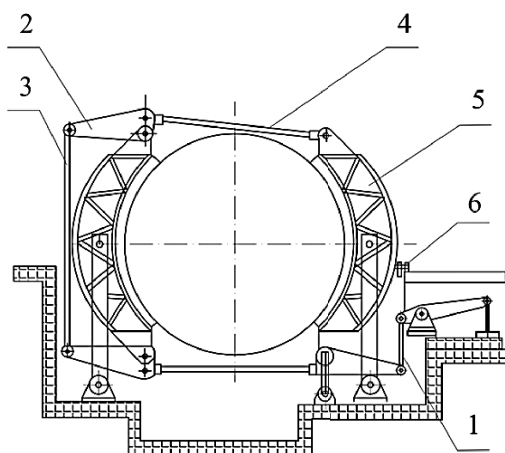
На *фигура 1.13.* е показана схема на изпълнителен орган на спирачка с ъглово преместване на челюстите със следните позиции: 1- накладки на спирачните челюсти; 2 –двураменен спирачен лост; 3 – вертикална щанга; 4 – спирачна шайба; 5 - съединителна щанга; 6 – стойка.

На *фигура 1.14.* е дадена схема на изпълнителен орган на спирачки с паралелно преместване на челюстите със следните позиции: 1 - вертикална щанга; 2 –двураменен спирачен лост; 3 – съединителни щанги; 4 – съединителна щанга; 5 –спирачна челюст; 6 –ограничител за регулиране.

Челюстните спирачни с ъглово преместване на челюстите имат проста конструкция с малък брой шарнирни връзки, което улеснява монтирането и регулирането им[36, 44].



Фигура 1.13.



Фигура 1.14.

Челюстните спирачки с паралелно преместване на челюстите създават по-голям спирачен момент и за това се използват при големите подемни машини.

На *фигура 1.15.* е показана спирачна система работеща на шахта „Петровица“ гр. Мадан за многовъжена подъемна уредба тип 2,1 х 4Р – 18, която е в експлоатация.

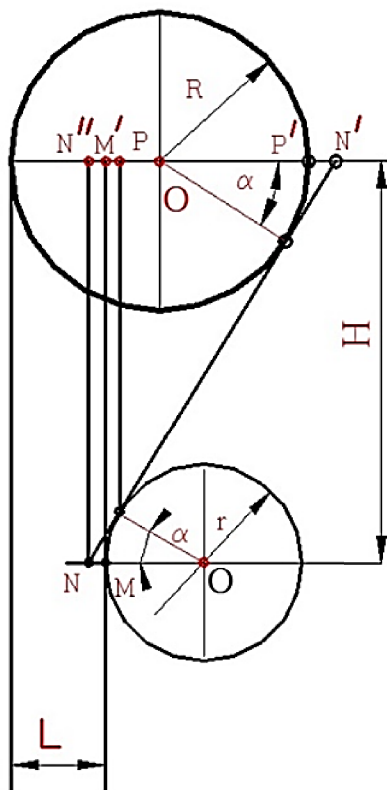


Фигура 1.15. Спирачна система за многовъжена подъемна уредба тип МК 2,1 х4Р- 18 работеща на шахта „Петровица“ – в „Горубсо“-гр. Мадан

ГЛАВА II.

АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЪГЪЛА НА ОБХВАТ НА ВЪЖЕТО ОКОЛО ОТКЛОНЯВАЩА ШАЙБА И АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УСЛОВИЯТА ЗА ПРИПЛЪЗВАНЕ НА ПОДЕМНОТО ВЪЖЕ

II. 1. Относно определянето на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднични подемни уредби с триещ орган на навиване на въжето.



Фигура 2.1. Схема с основните параметри при определяне на ъгъла на обхват на въжето около отклоняващата шайба

На *фигура 2.1.* е дадена схема на задвижваща шайба с отклоняваща шайба, като са показани основните параметри характеризиращи тяхното разположение. Тези параметри са: - α [°]- ъгъл на обхват на въжето около отклоняващата шайба; H – разстояние между центровете на шайбите; L – разстояние между центровете на подемните съдове [17, 20].

Ще разгледаме правоъгълния триъгълник $\Delta NN^I N^{II}$ от *фигура 2.1.* от където е видно, че:

$$H = \frac{N^{II} N^I}{tg \alpha} \quad (2.1)$$

$$N^{II} N^I = N^{II} M^I + (2 \cdot R - L) + P^I N^I \quad (2.2)$$

$$N^{II} M^I = MN = ON - r = r \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \quad (2.3)$$

$$P^I N^I = ON^I - R = R \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) \quad (2.4)$$

След преобразуване за разстоянието H ще получим:

$$H = \frac{1}{tg \alpha} \left[(R + r) \cdot \left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1 \right) + 2 \cdot R - L \right] \quad (2.5)$$

Тъй като необходимите величини за определяне на ъгъл α са H и L е целесъобразно за преобразуване на *формула (2.5)* във вида:

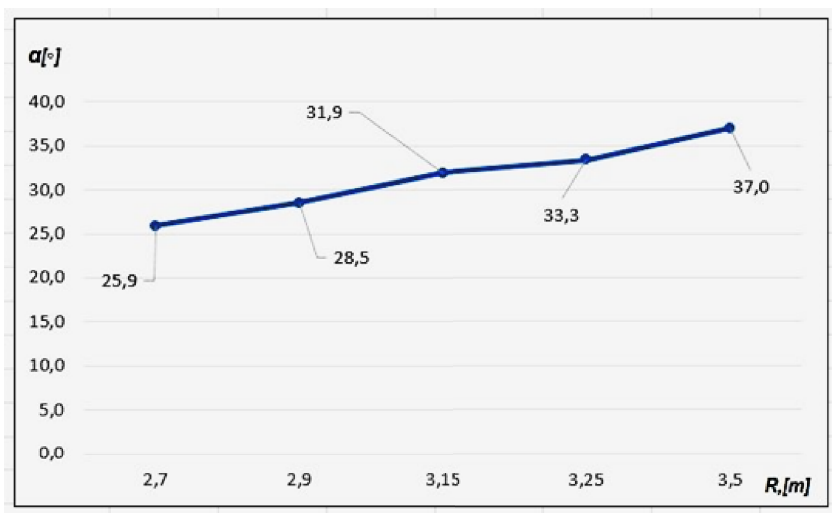
$$\sin \alpha = \frac{H(R + r) - (L - R + r) \sqrt{H^2 + (L - R + r)^2 - (R + r)^2}}{H^2 + (A - R + r)^2} \quad (2.6)$$

За случая когато $R = r$, *формула (2.6)* може да се запише във вида:

$$\sin \alpha = \frac{2RH - L\sqrt{H^2 + L^2 - 4R^2}}{H^2 + L^2} \quad (2.7)$$

За определяне на разстоянието между центровете между задвижващата и отклоняващата шайбите при даден ъгъл α и при $R = r$ е удобно да се използва формулата:

$$H = \frac{2R - L \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (2.8)$$



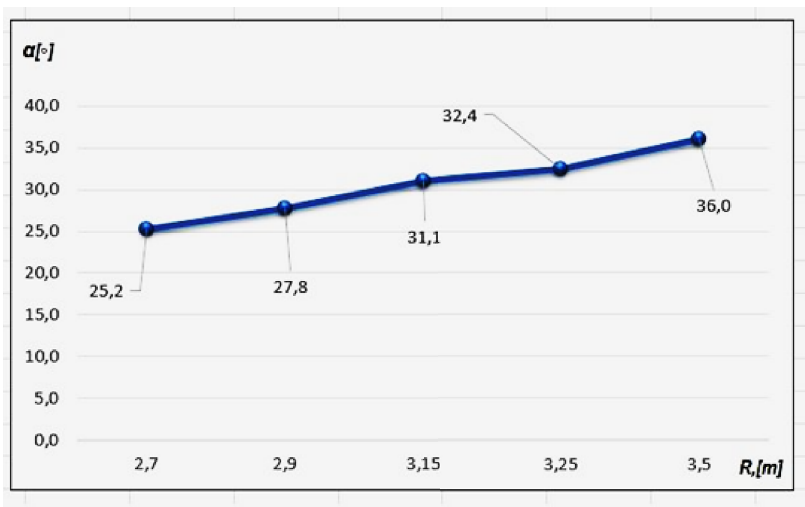
Фигура 2.2. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите: $H=10[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=2[m]$

II. 1.1. Резултати от изследването при определяне на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба

Направени са изчисления на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба за три дължини $L[m]$ между центровете на подемните съдове, а съответно за $L=2[m]$; $L=2,5[m]$ и $L=3[m]$.

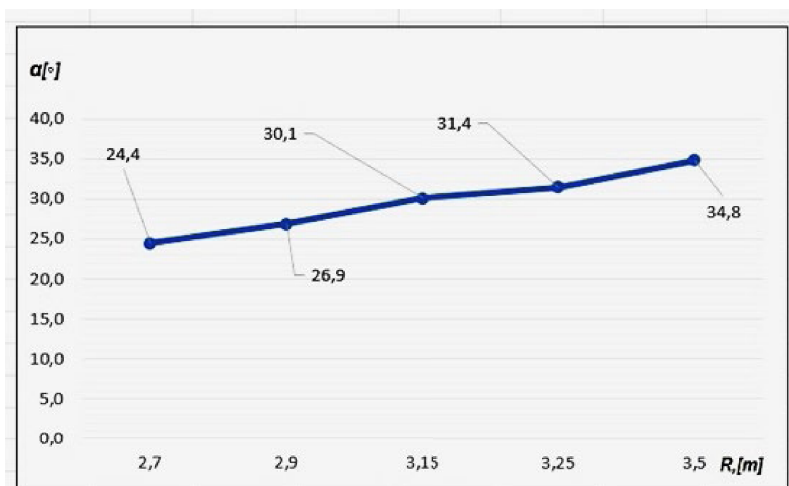
За $H[m]$ – разстоянието между центровете на шайбите са приети три величини: $H=10[m]$; $H=12[m]$ и $H=14[m]$. Направено е допускане, че диаметрите на задвижващата и отклоняваща шайба са във варианта с еднакви диаметри, т.е. ще бъде използвана *формула (2.7)*. За целта на изследването са взети следните радиуси на двете шайби: $R=2,7[m]$; $2,9[m]$; $3,15[m]$; $3,25[m]$; и $3,5[m]$;

Резултатите са дадени в графичен вид, като *получения ъгъл на обхват на въжето около отклоняваща шайба* е нанесен по ос Y , а стойностите на различните радиуси на шайбите по ос X .

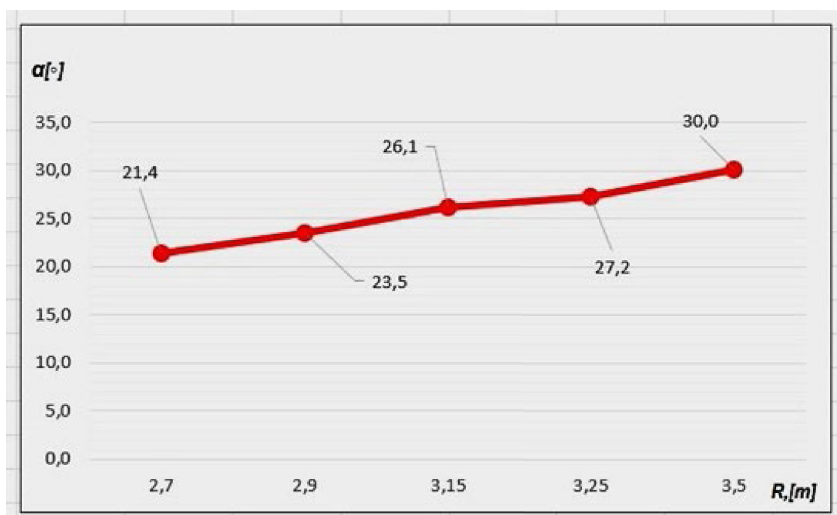


Фигура 2.3. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=10[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=2,5[m]$

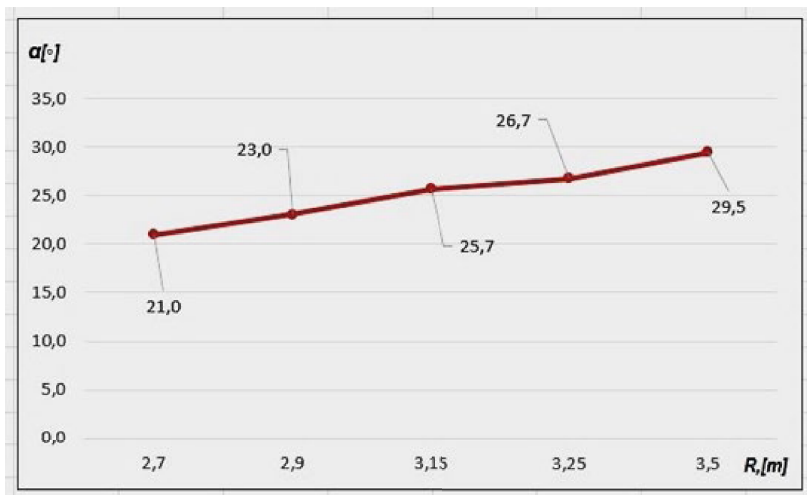
Графиките изобразени на *фигури 2.2., 2.3. и 2.4.* са получени при разстояние между центровете на шайбите: $H=10[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове както следва: $L=2[m]$ на *фиг. 2.2.*; $L=2,5[m]$ на *фиг.2.3.* и $L=3[m]$ на *фиг.2.4.* На *фигури 2.5., 2.6. и 2.7.* са показани резултатите при $H=12[m]$ и съответните дължини $L=2$; $2,5$ и $3 [m]$.



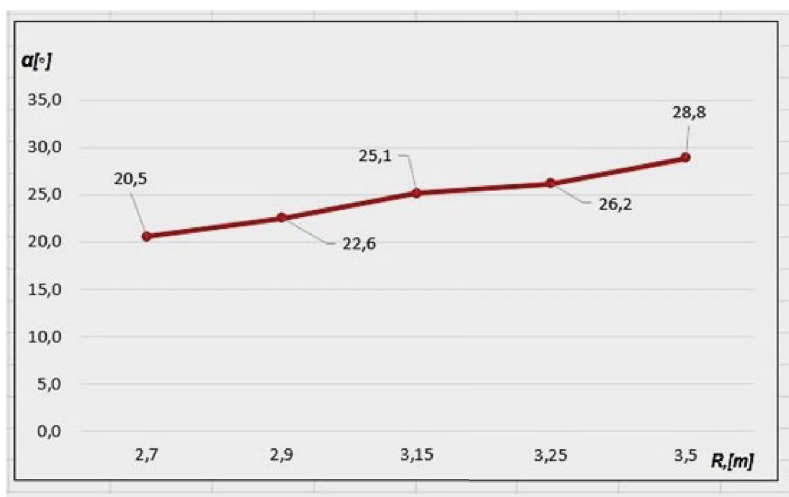
Фигура 2.4. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=10[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=3[m]$



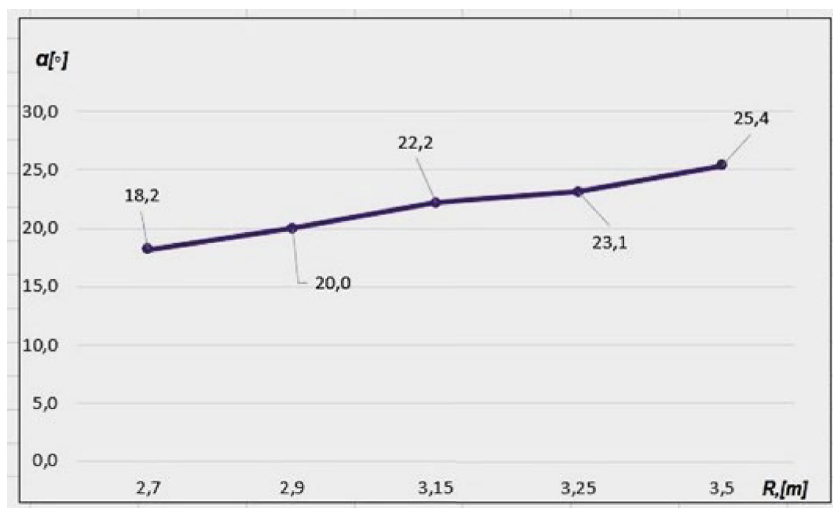
Фигура 2.5. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=12[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=2[m]$



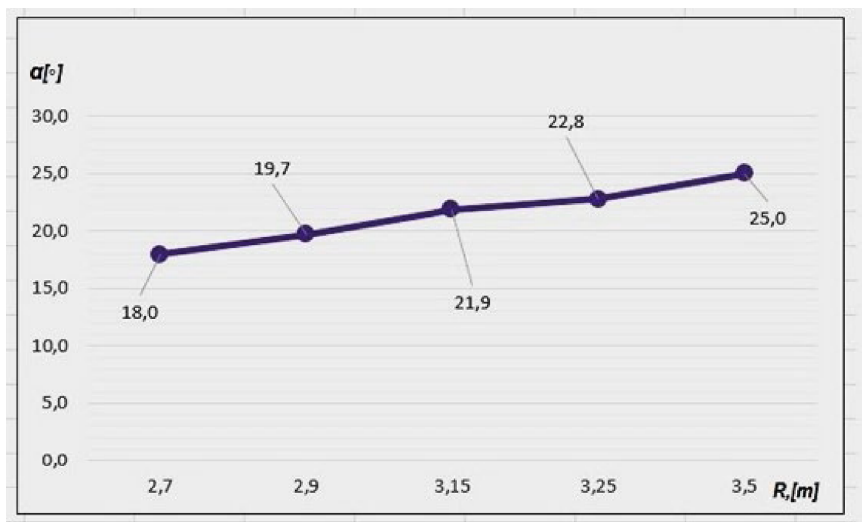
Фигура 2.6. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=12$ [m] и дължина между центровете на подемните съдове $L=2,5$ [m]



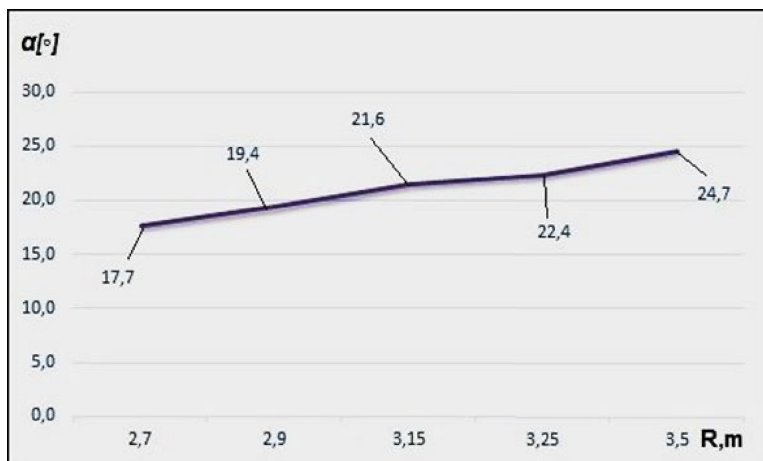
Фигура 2.7. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=12$ [m] и дължина между центровете на подемните съдове $L=3$ [m]



Фигура 2.8. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=14[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=2[m]$



Фигура 2.9. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=14[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=2,5[m]$



Фигура 2.10. Графика получена при разстояние между центровете на шайбите $H=14[m]$ и дължина между центровете на подемните съдове $L=3[m]$

По аналогичен начин са дадени и на *фигури 2.8., 2.9. и 2.10.* графиките изобразяващи отношението между радиуса на шайбите и ъгъла на обхват на въжето около отклоняващата шайба при $H=14[m]$. От *фигурите 2.2., 2.3. и 2.4.* се вижда, че минималния ъгъл е 24^0 получен при $R=2,7[m]$ и $L=3[m]$, а максималния е 37^0 при $R=3,5[m]$ и $L=2[m]$.

От *фигури 2.5., 2.6. и 2.7.* се наблюдава същата тенденция, минималния ъгъл да е при $R=2,7[m]$ и $L=3[m]$ - $20,5^0$, а най-голямата стойност да има при $R=3,5[m]$ и $L=2[m]$ - 30^0 . При разстояние между центровете на шайбите $H=14[m]$ имаме най-голям ъгъл - $25,4^0$, а минималния ъгъл е $17,7^0$, като това е ясно изразено на графиките дадени на *фигури 2.8., 2.9. и 2.10.*

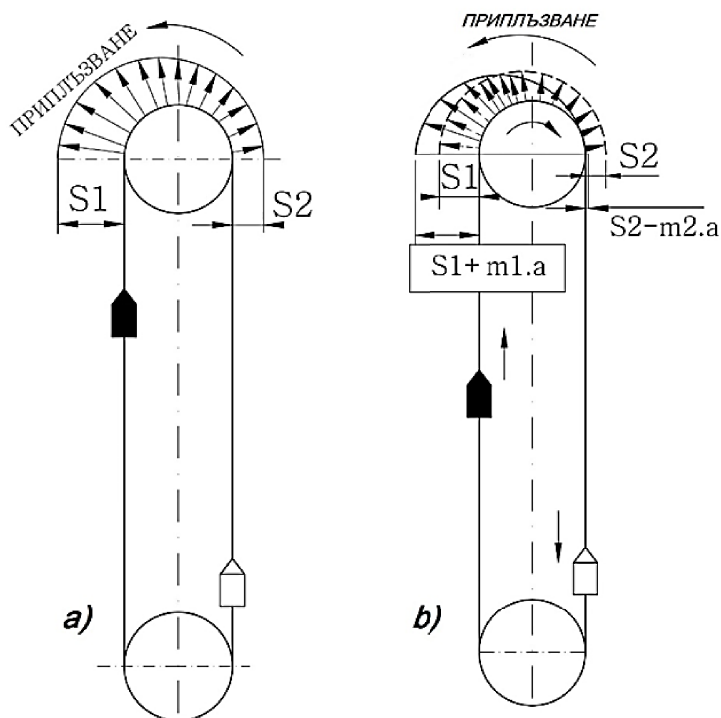
Важно условие за нормална и безопасна работа на подемните уредби с триеща шайба е да няма приплъзване на подемното въже. При приплъзване на въжето връзката му с шайбата се нарушава и движението на подемите съдове не може да се контролира. Ъгълът на обхват на въжето около отклоняващата шайба е важен параметър, който трябва да бъде достатъчно голям за да няма приплъзване при всяко положение на подемните съдове.

II.2. Определяне на условията за приплъзване на подемното въже при руднична подемна уредба с триеща шайба.

II.2.1. Относно определянето на условията за възникване на приплъзване при руднични подемни уредби с триещ орган на навиване на въжето .

На *фигура 2.11.* са дадени схеми на ПУ с триещата шайба и случаи на възникване на приплъзване при неподвижна шайба –а) и в период на пускане при подем на товар – б).

На *фигура 2.12.* са изобразени схеми на ПУ с триещата шайба и случаи на възникване на приплъзване в процес на спиране при спускане на товар –а) и в процес на спиране при подем на товар – б).



Фигура 2.11.

II.2.2. Възникване на приплъзване при неподвижна шайба

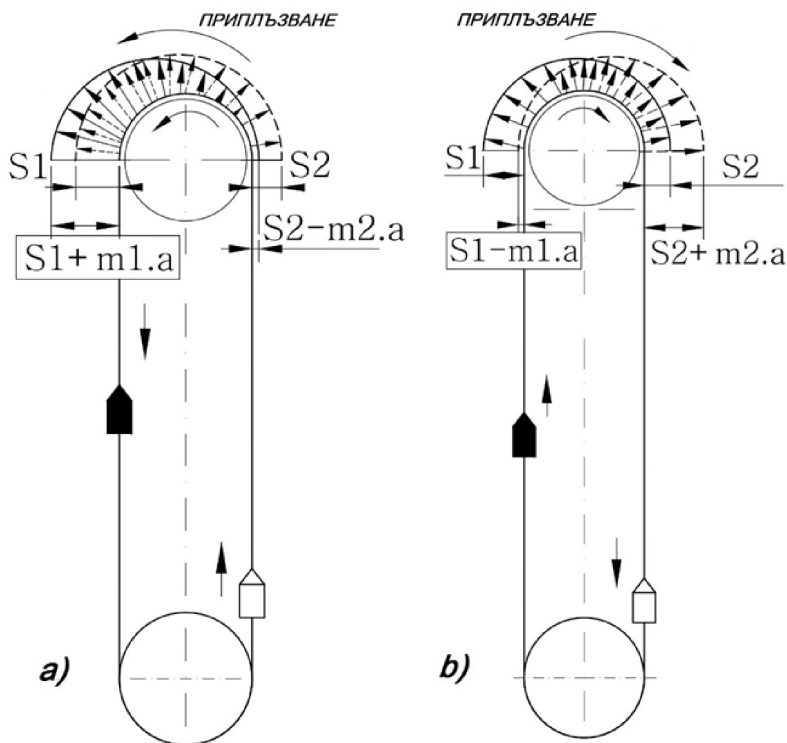
На *фигура 2.11. а)* е дадена схема на ПУ с триеща шайба и случай на възникване на приплъзване при неподвижна шайба. Условието за възникване на приплъзване се определя от уравнението на Ойлер, а именно:

$$S_1 = S_2 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.9)$$

$$\frac{S_1}{S_2} = e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.10)$$

Където S_1 - сила във въжето при навлизане му в шайбата при товарния клон;

- S_2 - сила във въжето при излизане му от шайбата при празния клон.



Фигура 2.12.

- μ – коефициент на триене между въжето и триещата шайба;
- $[\alpha^0]$ – ъгъл на обхват на въжето около триещата шайба;
- $[e] = 2,71$ – Неперово число.

За да се избегне приплъзването при неподвижна шайба необходимо и достатъчно условие е да бъде спазено неравенството:

$$\frac{S_1}{S_2} < e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.11)$$

Може да означим отношението S_1/S_2 чрез коефициента $\rho_{\text{статичен}}$

или:

$$\rho_{\text{статичен}} < e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.12)$$

II.2.3. Възникване на приплъзване при подеи на натоварен подеиен съд

В процеса на пускане на ПУ при подеи на натоварен подеиен съд (фигура 2.11 б) приплъзване на въжето около шайбата възниква, тогава когато ускорението достигне такава величина, при която е в сила неравенството [17, 52]:

$$S_1 + m_1 \cdot [a]_{\text{пуск/подеи}} = (S_2 - m_2 \cdot [a]_{\text{пуск/подеи}}) \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.13)$$

Където $[a]_{\text{пуск/подеи}} [m/s^2]$ е линейното допустимо ускорение на подеиения съд в период на пускане при подеи на товар;

В този случай възниква пробуксуване на задвижващата шайба, като допустимото ускорение при подеи на товар може да се определи от следния израз:

$$[a]_{\text{пуск/подеи}} = \frac{S_2 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} - S_1}{m_2 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} + m_1} [m/s^2] \quad (2.14)$$

Където $m_1 [kg]$ – масата на натоварения съд и $m_2 [kg]$ – маса на празния съд;

Очевидно е, че:

$$m_1 = \frac{S_1}{g} \text{ и } m_2 = \frac{S_2}{g} \quad (2.15)$$

Уравнение (2.14) може да го изразим чрез: $\rho_{\text{статичен}}$

$$[a]_{\text{пуск/подем}} = g \cdot \frac{e^{\mu \cdot \alpha} - \rho_{\text{статичен}}}{e^{\mu \cdot \alpha} + \rho_{\text{статичен}}}; [m/s^2] \quad (2.16)$$

За да се избегне приплъзване на въжето в процес на пускане на ПУ при подем е необходимо ускорение, което да удовлетворява неравенството:

$$a_{\text{пуск/подем}} < [a]_{\text{пуск/подем}} \quad (2.17)$$

II.2.4. Възникване на приплъзване в процес на спиране при спускане на натоварен подемен съд

В процеса на спиране на ПУ при спускане на товар (*фигура 2.12 а*) приплъзване на въжето по водещата шайба започва, когато максималното допустимо закъснение достига такава величина, при която може да запишем уравнението:

$$S_1 + m_1 \cdot [a]_{\text{спиране/спускане}} = (S_2 - m_2 \cdot [a]_{\text{спиране/спускане}}) \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad (2.18)$$

Където $[a]_{\text{спиране/спускане}}, [m/s^2]$ е допустимото линейното закъснение на подемния съд в период на спиране при спускане на товар;

$$[a]_{\text{спиране/спускане}} = g \cdot \frac{e^{\mu \cdot \alpha} - \rho_{\text{статичен}}}{e^{\mu \cdot \alpha} + \rho_{\text{статичен}}}; [m/s^2] \quad (2.19)$$

За да не се допуска приплъзване на въжето в режим на спиране при спускане на товар трябва да бъде изпълнено условието:

$$a_{\text{спиране/спускане}} < [a]_{\text{спиране/спускане}} \quad (2.20)$$

II.2.5. Възникване на приплъзване в процес на спиране при подем на натоварен подемен съд

В процеса на спиране на ПУ при спускане при подем на товар (*фигура 2.12. б*) приплъзване ще възникне, когато бъде изпълнено условието определено от следното уравнение:

$$(S_1 - m_1 \cdot [a]_{\text{спиране/подем}}) e^{\mu \cdot \alpha} = S_2 + m_2 \cdot [a]_{\text{спиране/подем}} \quad (2.21)$$

От това уравнение може да се получи формула за определяне на $[a]_{\text{спиране/подем}}$:

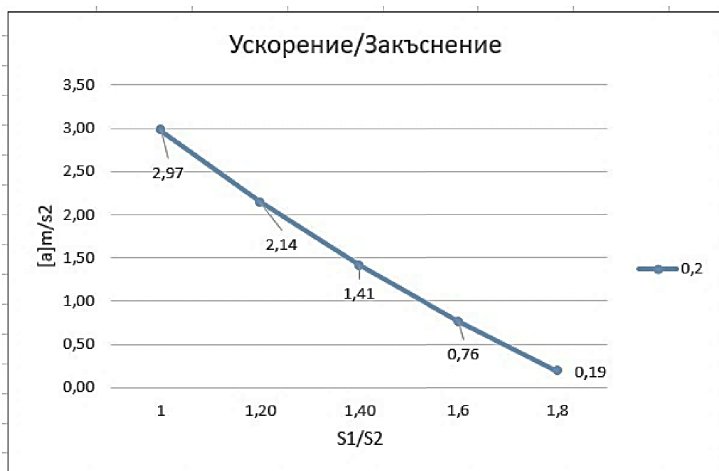
$$[a]_{\text{спиране/подем}} = g \cdot \frac{e^{\mu \cdot \alpha} \cdot \rho_{\text{статичен}} - 1}{e^{\mu \cdot \alpha} \cdot \rho_{\text{статичен}} + 1}; [m/s^2] \quad (2.22)$$

Условие за недопускане на приплъзване в процеса на спиране при подем е закъснението да бъде по-малко от допустимото закъснение:

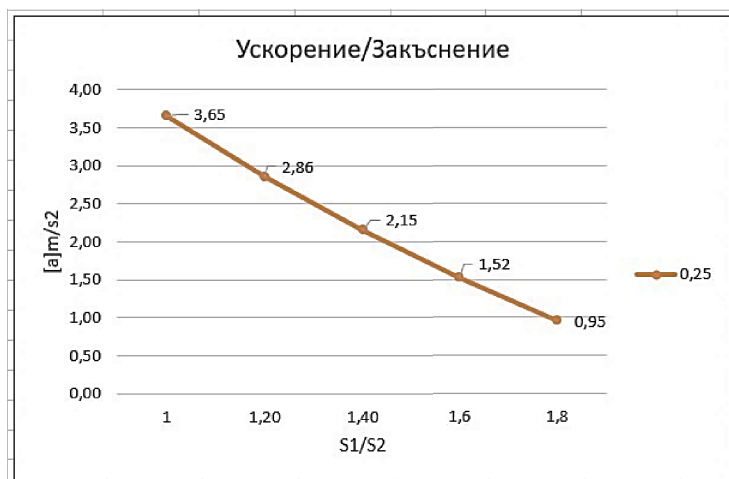
$$a_{\text{спиране/подем}} < [a]_{\text{спиране/подем}} \quad (2.23)$$

И.2.6. Резултати и изводи от изследването за определяне на допустимите ускорения и закъснения при работа на ПУ с триещата шайба

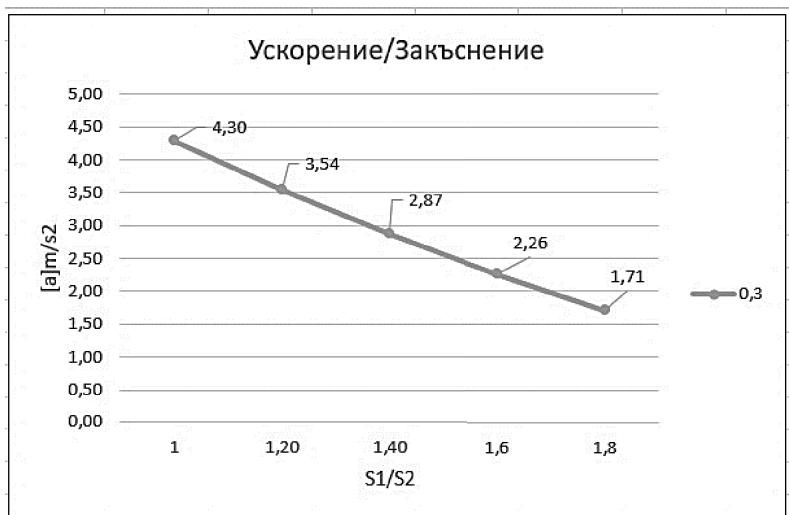
На *фигури 2.13., 2.14. и 2.15.* са изобразени графики построени на основата на *формули (2.14) и (2.19)*, а на *фигури 2.16, 2.17. и 2.18.* графиките са получени при използване на *формула (2.22)*. Направени са изчисления на допустимите ускорения и закъснения при поява на приплъзване между въжето и задвижващата шайба за ъгъл на обхват на въжето около триещата шайба: $[\alpha^0] = 180$ в зависимост от три коефициента на триене между въжето и триещата шайба: $\mu = 0,2; 0,25$ и $0,3$. По ос Х са нанесени параметри на статичният коефициент: $\rho_{\text{статичен}} = 1; 1,2; 1,4; 1,6$ и $1,8$. [17, 53]. От *фигура 2.19.* е видно, че ускорението при пускане на ПУ при подем и закъснението при спиращ режим при спускане на товар имат еднакви стойности. Минимални стойности на допустимото ускорение(закъснение) ще имаме при $\rho_{\text{статичен}} = 1,8$, като при $\mu = 0,2$ то е $0,19[m/s^2]$, при $\mu = 0,25$ има големина $0,95[m/s^2]$ и при $\mu = 0,3$ получаваме $1,71[m/s^2]$. Максимални ускорения(закъснение) се наблюдават при отношение $S_1/S_2=1$ за трите параметъра на коефициента на триене както следва: $2, 97; 3, 65$ и $4,3[m/s^2]$.



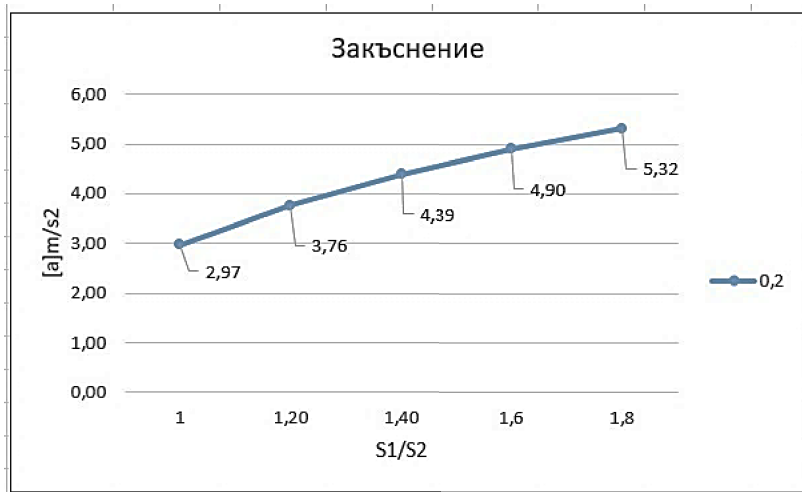
Фигура 2.13. Графика на ускорението при пускане на ПУ при подъем и закъснението при спирачен режим при спускане на товар при коефициент на триене $\mu = 0,2$



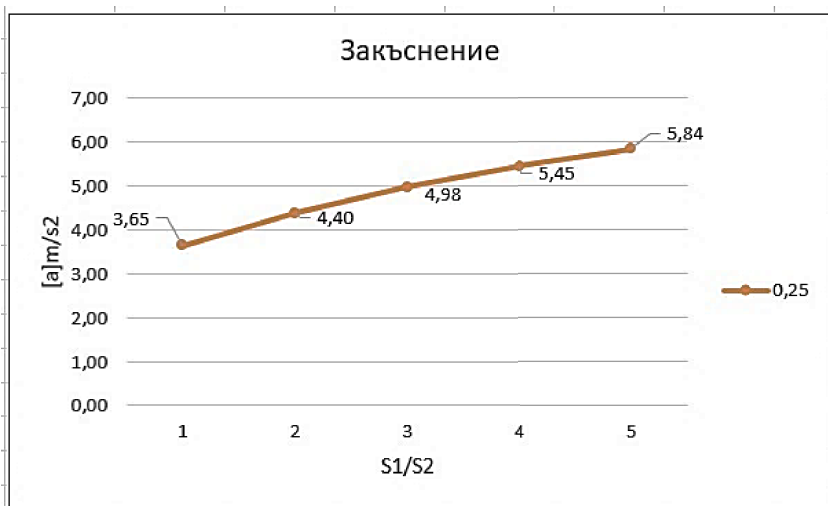
Фигура 2.14. Графика на ускорението при пускане на ПУ при подъем и закъснението при спирачен режим при спускане на товар при коефициент на триене $\mu = 0,25$



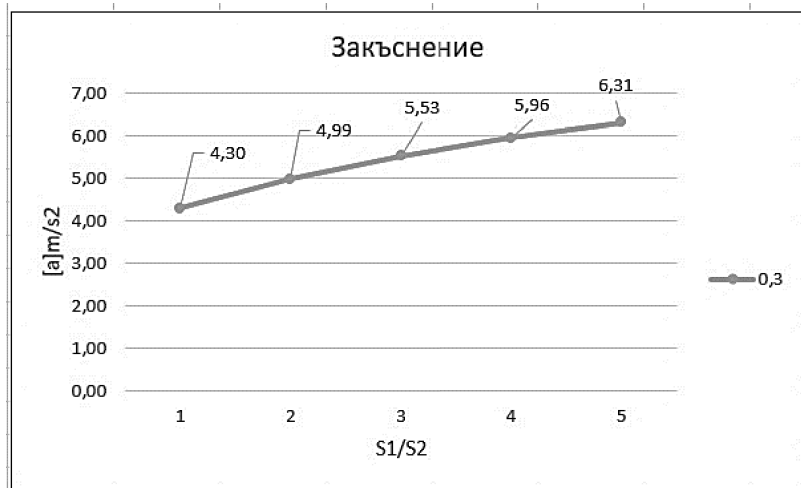
Фигура 2.15. Графика на ускорението при пускане на ПУ при подем и закъснението при спиращен режим при спускане на товар при коефициент на триене $\mu = 0,3$



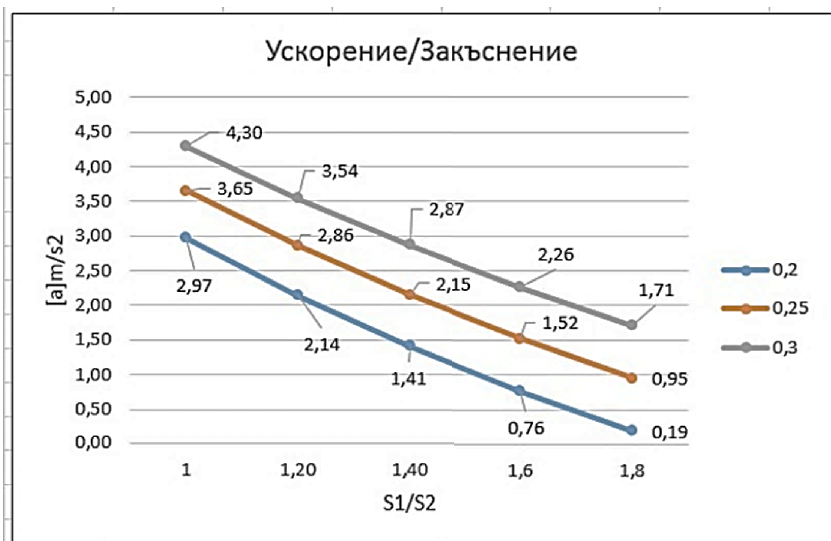
Фигура 2.16. Графика на допустими закъснения в процес на спиране при подем на натоварен съд при коефициент на триене $\mu = 0,2$



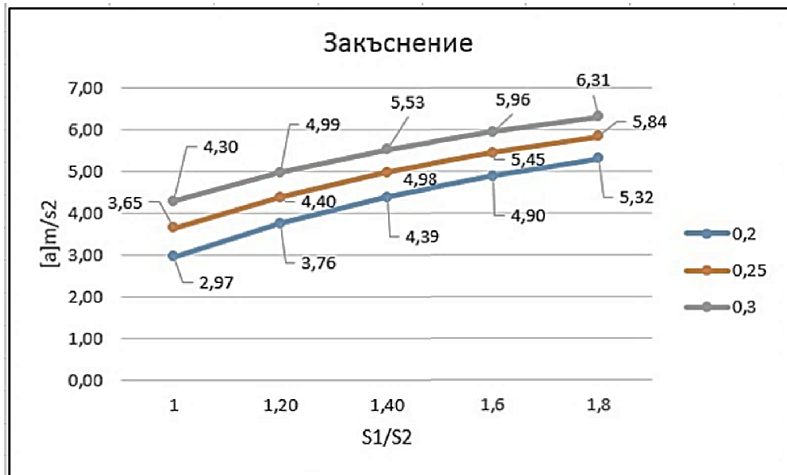
Фигура 2.17. Графика на допустими закъснения в процес на спиране при подем на натоварен съд при коефициент на триене $\mu = 0,25$



Фигура 2.18. Графика на допустими закъснения в процес на спиране при подем на натоварен съд при коефициент на триене $\mu = 0,3$



Фигура 2.19. Графика на ускорение при пускане на ПУ при подъем и закъснението при спиращен режим при спускане на товар



Фигура 2.20. Графика на допустими закъснения в процес на спиране при подъем на натоварен съд

На *фигура 2.20*. са показани графики на допустими закъснения в процес на спиране при подеи на натоварен съд с ъгъл на обхват на въжето $\alpha^\circ = 180$ и коефициенти на триене: $\mu = 0,2; 0,25$ и $0,3$. Минималните стойности на закъснението са при отношение $S_1/S_2=1$, като най-ниско то е $2,97 \text{ [m/s}^2\text{]}$ при $\mu = 0,2$. Максималните закъснения в този случай са при отношение $S_1/S_2=1,8$ с най-голяма стойност $6,31 \text{ [m/s}^2\text{]}$ при $\mu = 0,3$.

За да се защити ПУ от приплъзване при неподвижни подеи съдове в период на пускане, както и в процес на спиране при спускане и подеи трябва да се избере такова съотношение между S_1 и S_2 , което да гарантира неравенствата (2.12), (2.17), (2.19) и (2.20), т.е. да се работи с подходящи стойности на ускоренията и закъсненията за нормална работа без приплъзване.

II.3. Изводи към Глава II

1. Аналитично е уточнена и изследвана методика за определянето на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднични подеи уредби с триещ орган на навиване на въжето .

2. Аналитично е уточнена и изследвана методика за определяне на условията за приплъзване на подеиото въже при руднична подеи уредба с триеща шайба .

ГЛАВА III

ИЗБОР И ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТВЪРДИ ОКАЧВАЩИ УСТРОЙСТВА ЗА МНОГОВЪЖЕНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ С ТРИЕЦИ ШАЙБИ

III.1. Основни положения при окачващите устройства за многовъжен подем

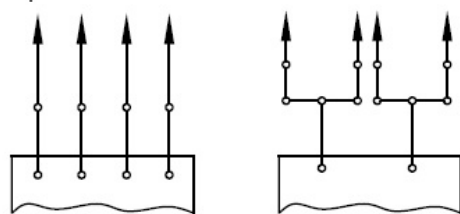
Основната функция на окачващите устройства е да свързват подемните въжета с подемните съдове. Състои се от т.н. кауш или свързващо звено към подемните въжета и носеща конструкция, която се свързва с подемните съдове. Окачващите устройства трябва да позволяват монтирането на парашутни устройства, които се задействат от окачващите устройства при скъсване на подемното въже. За многовъжените подемни уредби устройствата не се различават от тези на едновъжените, като основната разлика, че при 4 или повече въжета не се изисква парашутни устройства.

Най – важните изисквания, на които трябва да отговарят са: дълготрайност на закрепването(или панцеровката) на въжетата, лесен монтаж и контрол на препанцировката.

При транспортиране на хора коефициента на сигурност на окачващите устройства трябва да е 13 по отношение на максималното натоварване., а транспорт на товари е 10.

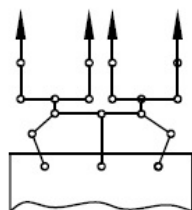
Подмяната на всички окачващи устройства трябва да е най-малко на 5 години.

На *фигура 3.1.* са изобразени схеми на окачващи устройства за многовъжен подем както следва : а) твърдо окачващо устройство; б) и в) балансирани окачващи устройства; д) и е) лостови окачващи устройства ; ф) комбинирано лостово – балансирани окачващо устройство и ж)пружинно окачващо устройство.

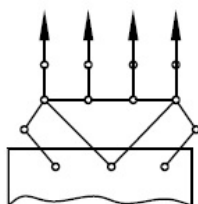


a)

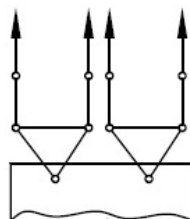
b)



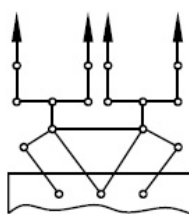
c)



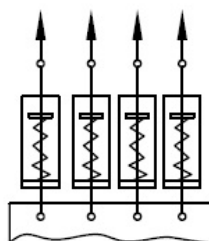
d)



e)

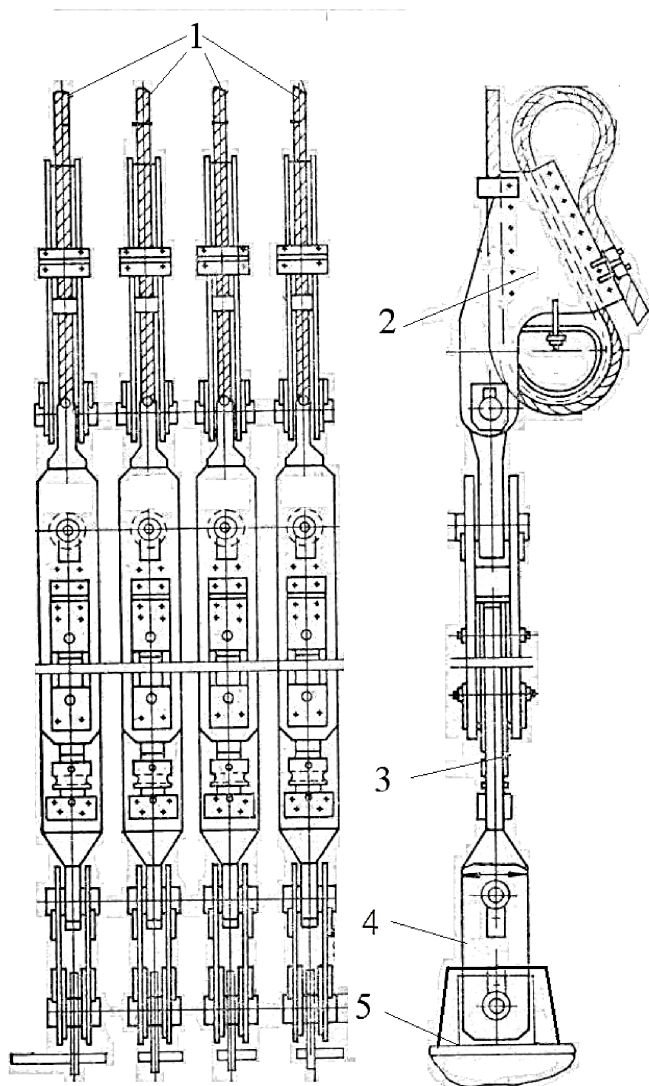


f)

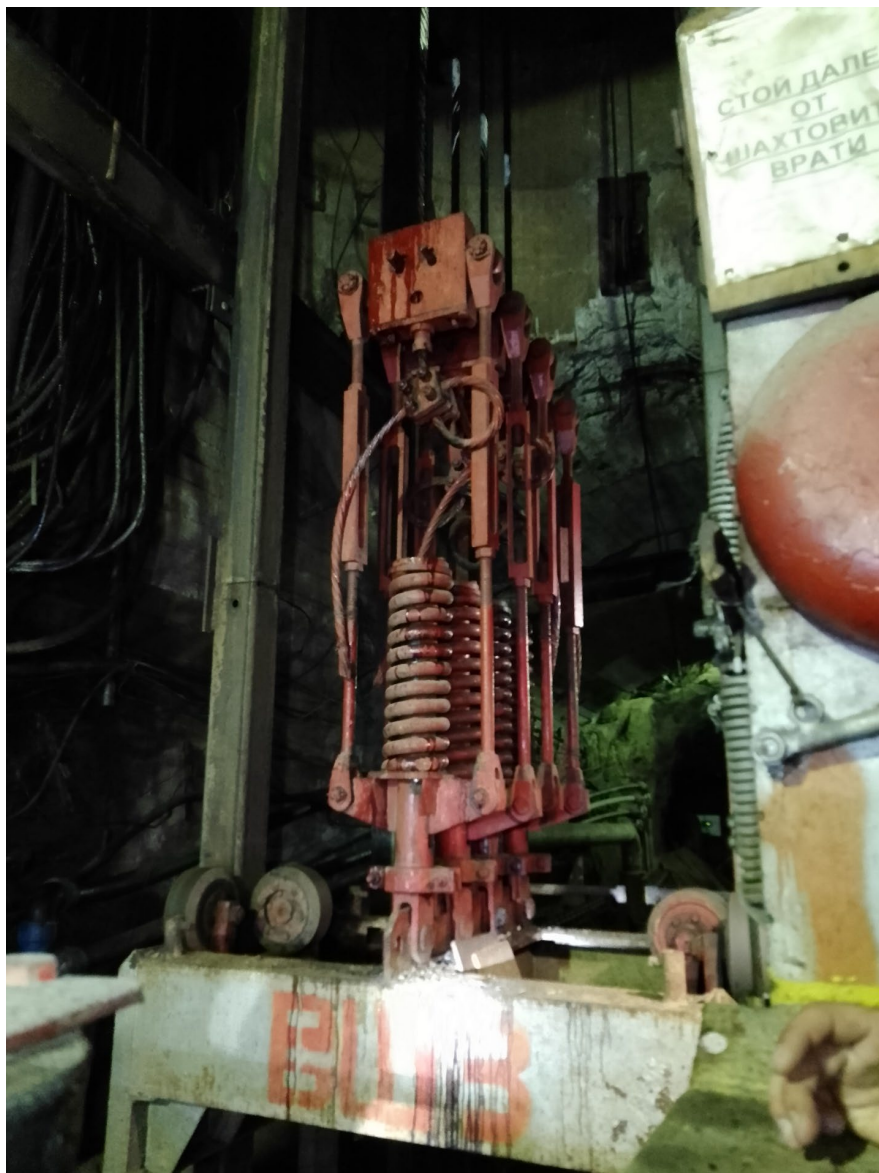


j)

Фигура 3.1. Схеми на окачващи устройства за многовъжен подеи



Фигура 3.2. Твърдо окачаващо устройство за четири въжета
Позиции; 1- подежни въжета; 2 – самозатягащ се клинов кауш(СКК);
3- винтово регулиращо устройство; 4 – съединителен клин; 5 – горна
рама на подежня съд



Фигура 3.3 Пружинно окачващо устройство за многовъжена подъемна уредба работеща на шахта „Петровица“ – в „Горубсо“-гр. Мадан



Фигура 3.4. Твърдо окачващо устройство за многовъжена подъемна уредба работеща на шахта „Крушев дол“ – в „Горубсо“-гр. Мадан

Функцията на окачващите устройства е да свързват подемните въжета към подемните съдове. Те се състоят от свързващо звено(кауш) за въжетата и носеща конструкция, свързана с подемната клетка или скипа. Окачващите устройства не се различават съществено от тези за едновъжените подемни уредби, но с тази разлика , че при окачване на подемния съд на повече от 4 въжета според Правилника по безопасността на труда(ПБТ) не се изисква парашутно устройство[33, 34, 35].

Основните типове твърди окачващи устройства за многовъжени подемни уредби са дадени на *фигура 3.5*. На *фиг.3.5.а*) е показана схема на твърдо окачващо устройство за едносъдов подем с противотежест със следните позиции: 1 – подемен съд и противотежест; 2 – регулируем кауш; 3 – подемни въжета; 4 – глух(нерегулируем) кауш.

На *фигура 3.5. б*) е дадена схема на твърдо окачващо устройство за двусъдов подем с позициите: 1 - подемен съд и противотежест; 2 – регулируем кауш; 3 – подемни въжета; 4 – траверса и 5 – регулиращо устройство.

На *фигура 3.5. в*) е дадена схема на твърдо окачващо устройство за двусъдов подем прилагана за малки и средни дълбочини със следните позиции: 1 – подемен съд и противотежест; 2 – глух кауш; 3 – подемни въжета и 4 – регулиращи устройства;

На *фигура 3.5. д*) имаме схема твърдо окачващо устройство за двусъдов подем със следните позиции: 1 – подемен съд и противотежест; 2 – регулируем кауш; 3 – подемни въжета и 4 – регулиращи устройства.

III.2. Основни изчисления при твърдо окачващо устройство за едносъдов подем с противотежест показан на *фигура 3.5 а*)

При подем с един съд и противотежест се регулира само разликата в дължините на въжетата, като допустимата грешка се определя от големината на силата на регулиране при различните твърди окачващи устройства[21, 45].

III.2.1. Допустимата грешка в дължината на въжето при регулирането й чрез кауш трябва да бъде:

III.2.1.1. От условието за силата на регулиране:

$$\Delta N_1 = \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_1 \cdot L_B}{E_B \cdot F_B} \geq 0,02m \quad (3.1)$$

Където :

n_B – брой на подедни въжета;

$\Delta S_1 [N]$ – големина на регулиращата сила;

$$\Delta S_1 = 0,05 \cdot S_{\text{изч.}};$$

$$S_{\text{изч.}} = \frac{Q_{\text{товар}} + Q_{\text{съд}} + n_B \cdot p_B \cdot (H + h)}{n_B} [N];$$

Където :

$-S_{\text{изч.}}$ – натоварване на едно подедно въже $[N]$;

- H - височина на подед $[m]$;

- h – дължина на въжето от шайбата до подедния съд $[m]$;

- L_B – дължина на въжето $[m]$;

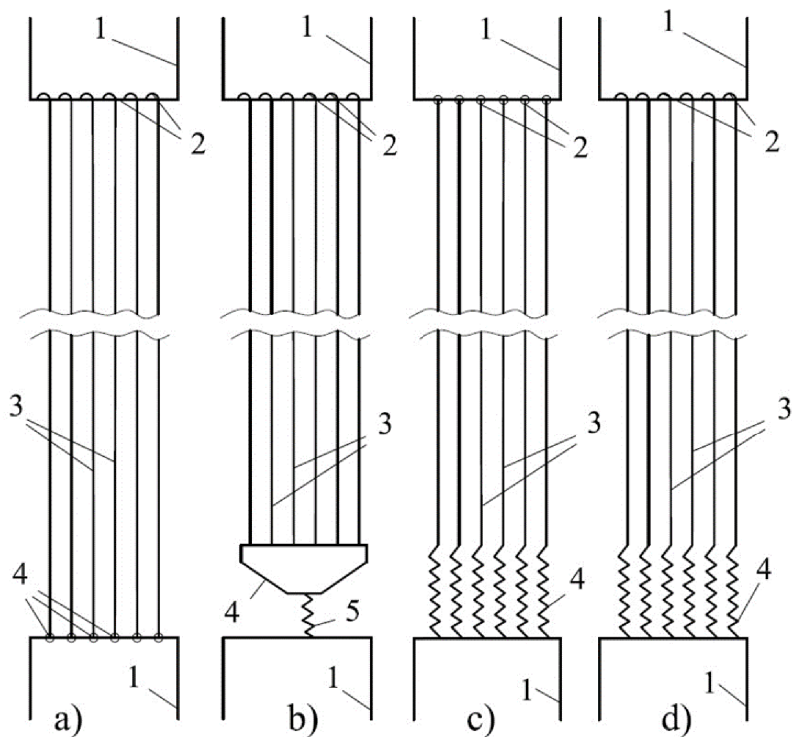
- E_B – модул на еластичност за различните въжета $[MPa]$;

- F_B – напречно сечение на въжето $[m^2]$;

- $Q_{\text{товар}}$ - тегло на товара в подедния съд $[N]$;

- $Q_{\text{съд}}$ - собствено тегло на подедния съд $[N]$;

$-p_B$ – линейно тегло на 1 m подемно въже [N/m];



Фигура 3.5.

III.2.1.2. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$\Delta N_2 = \Delta L_y [m] \quad (3.2)$$

ΔL_y – точност при установяване на съда на приемна площадка. За скип $\Delta L_y = 0,1m$, а за клетка $\Delta L_y = 0,05[m]$

III.2.2. Брой на презакрепванията (препанцировките) на въжетата

III.2.2.1. От условието за големината на регулиращата сила:

$$M_1 = \frac{n_B - 1}{n_B} \cdot \frac{k \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot E_B \cdot F_B}{\Delta S_2 - \Delta S_1} - 1; \quad (3.3)$$

III.2.2.2. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$M_2 = \frac{\Theta_{\text{ост}} \cdot L_B}{\Delta L_{\Theta}} - 1; \quad (3.4)$$

Където:

– ΔL_{Θ} – допустимо отпускане на подемния съд под приемната площадка при проверка на остатъчно удължаване на подемните въжета; $\Delta L_{\Theta} = 0,2m$ – за клетки; $\Delta L_{\Theta} = 0,5m$ – за скипове;

– $\Theta_{\text{ост}}$ – коефициент на относително остатъчно удължане на въжето. За различните типове въжета е в границите 0,001 – 0,007 [21].

– $k = 0,35$ – коефициент показващ отношението между остатъчното удължение към средното остатъчно удължение [21].

– $\Delta S_2[N]$ – максимално допустимо статично отклонение на натягането на въжето при долно положение на подемния съд.

$$\Delta S_2 = \frac{Q_{\text{съд}}}{n_B} - S_{\min}[N]$$

– $S_{\min} = 0,1 \cdot S_{\text{изч.}}[N]$ – минимално допустимо статично отклонение на натягането на въжето в края на въжето;

III.3. Основни изчисления при твърдо окачващо устройство за двусъдов подем дадено на *фигура 3.5 б*)

Регулирането дължината на въжетата на показани на *фигура 3.5 б*) се осъществява по два начина: чрез регулируем клинов кауш и чрез регулиращи винтови устройства[45].

Хо̀да на регулировъчното устройство се изчислява по следната формула:

$$\Delta L_p = \Delta L_{\text{ост}} - \Delta L_{\Theta} [m]; \quad (3.5)$$

Където:

$$\Delta L_{\text{ост}} = \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_2 - \Delta S_1}{k \cdot E_B \cdot F_B} \cdot L_B \quad (3.6)$$

$\Delta L_{\text{ост}} [m]$ – максимално допустимо остатъчно удължаване на въжетата в периода между две регулировки.

III.3.1. Допустимата грешка в дължината на въжето при регулирането ѝ чрез кауш

III.3.1.1. От условието за силата на регулиране:

$$\Delta N_1 = \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_1 \cdot L_B}{E_B \cdot F_B} \geq 0,02m$$

III.3.1.2. От условието за установяване на поде́мния съ́д на приемна площадка:

$$\Delta N_2 = \Delta L_y [m]$$

III.3.1.3. Възмо́жен брой презакре́пвания (препанци́ровки) с помощта на кауши:

$$M_{\Pi} \leq \frac{\Theta_{\text{ост}} \cdot L_B}{\Delta L_p + \Delta L_{\Theta}} - 1 \quad (3.7)$$

– ΔL_p – ход на регулировъчното устройство;

– ΔL_{Θ} – допустимо отпускане на поде́мния съ́д под приемна площадка;

III.3.1.4. Възможен брой регулировки с помощта на регулиращи винтове:

$$M_P \leq \frac{\Theta_{\text{ост}} \cdot L_B}{\Delta L_{\Theta}} - 1 - M_{\Pi} \quad (3.8)$$

III.3.1.5. Допустима грешка при регулиране с винтове:

$$\Delta N_B \leq \Delta L_y [m]$$

ΔL_y – точност при установяване на съда на приемна площадка.

III.4. Основни изчисления на твърдо окачващо устройство за двусъдов подем за средна и малка дълбочина дадено на *фиг. 3.5 с)*

III.4.1. Изчисляване на хода на регулиращото устройство

III.4.1.1. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$\Delta L_{\Pi\Pi} = \Theta_{\text{ост}} \cdot L_B - \Delta L_{\Theta} [m] \quad (3.9)$$

III.4.1.2. От условието за големината на регулиращата сила:

$$\Delta L_{PC} = 2 \cdot \frac{\Delta S_1}{E_B \cdot F_B} \cdot L_B + k \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot L_B - \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_2}{E_B \cdot F_B} \cdot L_B \quad (3.10)$$

III.4.1.3. От комбинираното условие от големината на регулиращата сила и от установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$\Delta L_{\text{КОМ}} = \left(1 + \frac{n_B - 1}{n_B} \cdot k \right) \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot L_B - \frac{\Delta S_2 - \Delta S_1}{E_B \cdot F_B} \cdot L_B - \Delta L_{\Theta} \quad (3.11)$$

III.4.2. Възможен брой регулировки с помощта на регулиращи винтови устройства

III.4.2.1. От условието за големината на регулиращата сила:

$$M_1 = \frac{n_B - 1}{n_B} \cdot \frac{k \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot E_B \cdot F_B}{\Delta S_2 - \Delta S_1} - 1;$$

III.4.2.2. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$M_2 = \frac{\Theta_{\text{ост}} \cdot L_B}{\Delta L_{\Theta}} - 1;$$

III.4.3. Допустима грешка при регулиране с винтови устройства

III.4.3.1. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$\Delta N_{\text{ПП}} \leq \Delta L_y [m] \quad (3.12)$$

ΔL_y – точност при установяване на съда на приемна площадка.

III.4.3.2. От условието за големината на регулиращата сила:

$$\Delta L_{\text{PC}} \leq \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_1 \cdot L_B}{E_B \cdot F_B} \quad (3.13)$$

III.5. Основни изчисления на твърдо окачващо устройство за двусъдов подеи, когато има голямо остатъчно удължение на подеиите въжета (фиг. 3.5 d).

III.5.1. Възможен брой презакрепвания(препанцировки)

$$M_1 = \frac{\left(1 + \frac{n_B - 1}{n_B} \cdot k\right) \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot L_B - \Delta L_{\Theta}}{\Delta L_P} - 1 \quad (3.14)$$

III.5.2. Възможен брой регулировки с помощта на регулиращи винтови устройства

III.5.2.1. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка[21, 45]:

$$M_{\text{пп}} \leq \frac{\Theta_{\text{ост}} \cdot L_B}{\Delta L_{\Theta}} - 1 - M_1 \quad (3.15)$$

III.5.2.2. От условието за големината на регулиращата сила:

$$M_{\text{пп}} \leq \frac{n_B - 1}{n_B} \cdot \frac{k \cdot \Theta_{\text{ост}} \cdot E_B \cdot F_B}{\Delta S_2 - \Delta S_1} - 1 - M_1 \quad (3.16)$$

III.5.3. Допустима грешка при регулиране с винтови устройства

III.5.3.1. От условието за установяване на подемния съд на приемна площадка:

$$\Delta N_{\text{пп}} \leq \Delta L_y [m]$$

ΔL_y – точност при установяване на съда на приемна площадка.

III.5.3.2. От условието за големината на регулиращата сила:

$$\Delta L_{\text{PC}} \leq \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_1 \cdot L_B}{E_B \cdot F_B} \quad (3.17)$$

III.5.3.3. Допустимата грешка при презакрепванията (препанцировката) на въжето чрез регулиращи кауши се пресмята по формула (3.1).

$$\Delta N_1 = \frac{n_B}{n_B - 1} \cdot \frac{\Delta S_1 \cdot L_B}{E_B \cdot F_B} \geq 0,02m \quad (3.18)$$

Където :

n_B – брой на подедни въжета;

$\Delta S_1 [N]$ – големина на регулиращата сила;

$\Delta S_1 = 0,05 \cdot S_{изч}$.

III.6. Изводи към Глава III

1. Окачващите устройства трябва да отговарят на следните изисквания: удобно монтиране, сигурност при закрепването на въжестата, дълготрайност на въжестата в мястото на презакрепванията (препанцировката) и контрол по време на експлоатация.

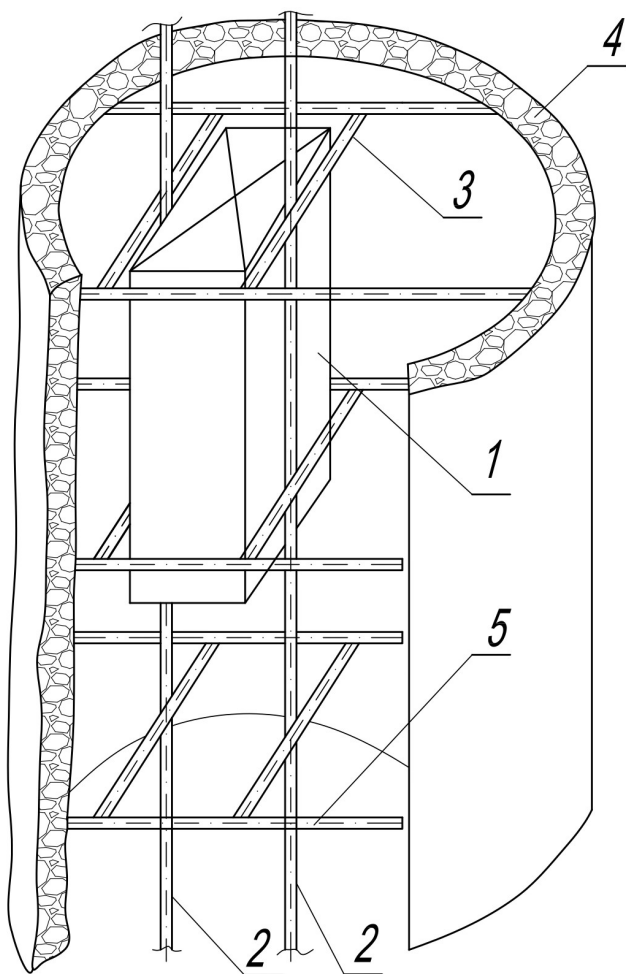
2. Твърдите окачващи устройства осигуряват равномерно разпределяне на натоварването между подедните въжета. За нормална работа е задължително точно регулиране на дължината на въжестата, както и да притежават еднакви параметри и качества. За тази цел е необходимо каналите на триециите шайби да бъдат престъргвани според техническите изисквания.

3. Важно условие е да се осигурява постоянен контрол на силата на опън на подедните въжета, което се постига чрез въграждането на динамометри в окачващите устройства.

4. Аналитично е уточнена и изследвана методика за избор и изчисляване на твърди окачващи устройства за многовъжени подедни уредби с триеци шайби.

ГЛАВА IV

ОСНОВНИ ВИДОВЕ КОНСТРУКТИВНИ СХЕМИ НА АРМИРОВКА НА ШАХТИ ЗА РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ И ТЕХНИЯ РАЦИОНАЛЕН ИЗБОР



Фигура 4.1.

Армировката на рудничните шахти (*фигура 4.1.*) представлява пространствена конструкция, която е разпределена по цялата дълбочина на шахтата и е предназначена за осигуряване на насочено, безопасно движение на подземния съд със зададена скорост. Елементите на армировката, осигуряващи насоченото движение на подземния съд - 1 се наричат водачи – 2. В зависимост от конструкцията на използваните водачи, армировката може да бъде твърда и гъвкава. За водачи на гъвкавата армировка служат въжета, като се обтягат в шахтата. При твърдата армировка за водачи се използват ж.п. релси, различни метални профили или дървени направляващи.

Водачите от твърдата армировка се опират на хоризонтални елементи, периодически закрепени по дълбочина наречени носачи – 3.

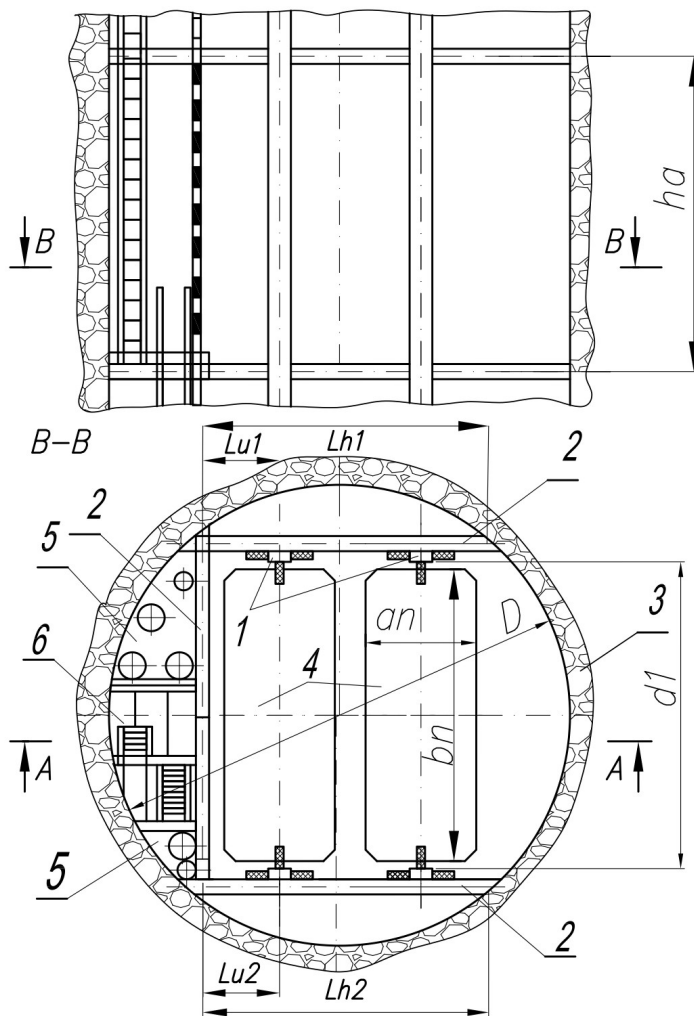
За носачи при твърдата шахтна армировка се използват различни метални профили или специални железобетонни греди.

Конструкцията, състояща се от носачи, разположени в една равнина, свързани помежду си и с крепежа на шахтата - 4 се нарича сечение на шахтната армировка - 5. В съществуващите конструкции твърди армировки, сеченията се разполагат по дълбочина на шахтата на равни разстояния наречени стъпка на армировката. С цел увеличаване на работоспособността на цялата конструкция наред с постоянната може да се прилага и променлива стъпка на армировката. Конструкцията на сечението на шахтната армировка и стъпката ѝ определят нейната конструктивна схема.

При строителството и експлоатацията на вертикални шахти, най-голямо приложение е намерила твърдата армировка. Широкото използване на гъвкавата армировка се ограничава от необходимостта да се строят шахти с увеличен диаметър, невъзможност от използването ѝ в случай на изкривяване на шахтата и липсата на дълговечност на направляващите въжета.

Към схемите на твърдата армировка и отделните нейни елементи се поставят цял комплекс от изисквания – функционални, технически и икономически, които трябва да бъдат удовлетворени в процеса на проектирането или при реконструкция на армировката.

IV.1. Конструктивни схеми на армировката



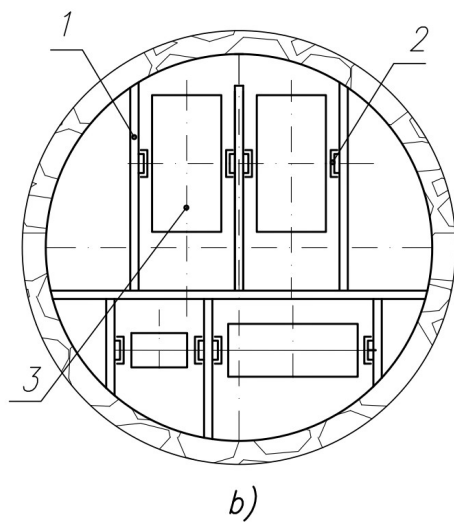
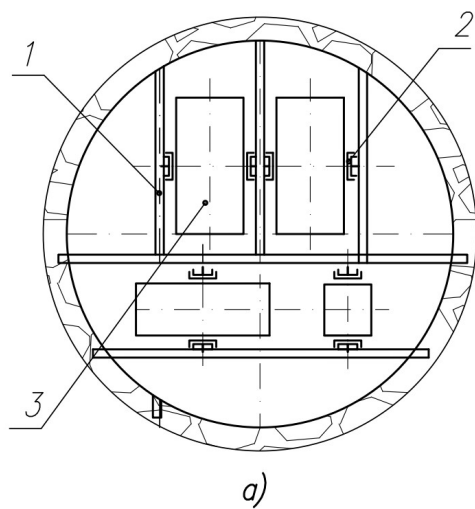
Фигура 4.2.

Основно функционално изискване – да се осигури безаварийна работа на подема при зададена скорост и пределно натоварване в течение на зададения скок на съществуване на шахтата. Това се постига, ако конструктивната схема на армировката и нейните елементи съответстват на минно-геоложките условия с отчитане на възможното изкривяване на шахтата, осигуряват поместването в шахтата на по-голям брой подземни съдове и нормална работа на подема при обслужване на няколко хоризонта, създават минимално възможното аеродинамично съпротивление на вентилационната въздушна струя, удовлетворяват условията – здравина, устойчивост и дълговечност.

Изискването за якост, устойчивост и дълговечност имат първостепенно значение при проектиране на армировката. Якост – това е способността на елементите на армировката да се съпротивляват на разрушаващото усилие и образуването на остатъчни деформации, които са недопустими според условията на експлоатация. Устойчивостта бива статистическа и динамическа. Статическа устойчивост е способността на елементите на армировката да запазват статическо равновесие при силово въздействие, а динамическа устойчивост е способността на системата „подемен съд – шахтна армировка“ да позволява ограниченото преместване на подемния съд във времето и пространството[12, 13, 14, 15, 16].

Дълговечността е способността на елементите на армировката и всички системи да запазват якостта и устойчивостта си в течение на набелязания скок на съществуване на шахтата, при зададения режим на работа. Техническите изисквания се осигуряват с правилно, научно обосновано конструиране и изчисляване на армировката, използване на високоякостни материали и профили с повишена твърдост, провеждане на специални мероприятия по защита на елементите на армировката от механическо и корозионно износване.

Икономическите изисквания имат за цел да осигурят по-високи експлоатационни качества на армировката минимални капитални разходи(малка металоемкост на армировката и стойност на монтажните работи) и експлоатационни разходи по ремонта в течение на зададения срок на съществуване на шахтата.



Фигура 4.3. Двустранно разположение на водачите при скипов подъем
Позиции: 1- носачи; 2 – водачи; 3 – скипове

Основната част от конструктивната схема на твърдата армировка е нейното сечение (*фигура 4.2.*). Взаимното разположение на водачите – 1 и носачите – 2, конструкцията на подземните съдове – 4, стълбищно и тръбно-кабелното отделение 5 са елементите на сечението на шахтата.

IV.2. Руднични шахти

Основна форма на напречното сечение на шахтата е като правило кръглата форма. Тази форма се препоръчва за шахти с голяма производителност и дълбочина на подема и значителен срок на експлоатация.

Шахтите с правоъгълна форма на напречното сечение се препоръчва да се проектират в устойчиви необводнени скали, а също така при малка производителност на шахтата и срок на експлоатация до 10 - 15 години. Изборът на тази форма на напречното сечение трябва по съответен начин да бъде обоснован.

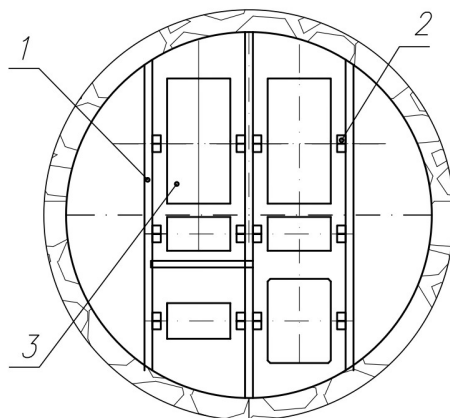
Размерите на напречното сечение на шахтите се определят изхождайки от типа, броя и габаритните размери на подземните съдове, напречното сечение на пешеходното отделение, напречното сечение на отделенията за тръбопроводите и кабелите, допустимите разстояния между оборудването и крепежа или армировката съгласно изискванията на Правилника на безопасност на труда с отчитане на допустимите отклонения и се приемат при кръгло сечение равни на 3; 3,5; 4,0; 4,5; 5; 5,5; 6,5; 7,0; и 7,5 m (по светлото сечение).

По предназначението си шахтите се подразделят на главни, спомагателни и вентилационни. Главните шахти могат да бъдат скипови и скипо-клеткови, спомагателните, като правило скипо-клеткови и клеткови; вентилационните – клеткови.

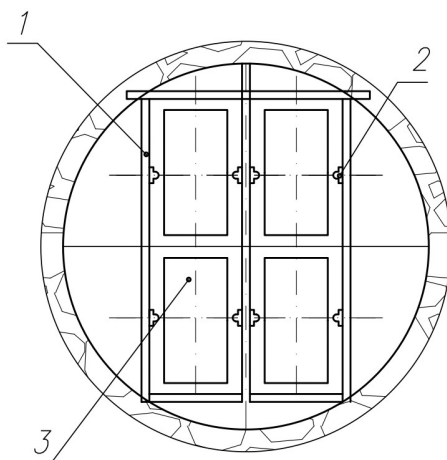
Габаритите на подземните съдове се определят от тяхната подземност в зависимост от часовата производителност на подема.

Броят и разположението на шахтите и на подземните уредби в тях се определят от начина на разкриване и разработване на конкретното месторождение.

IV.3. Рационален избор на конструктивна схема на шахтна армировка



c)

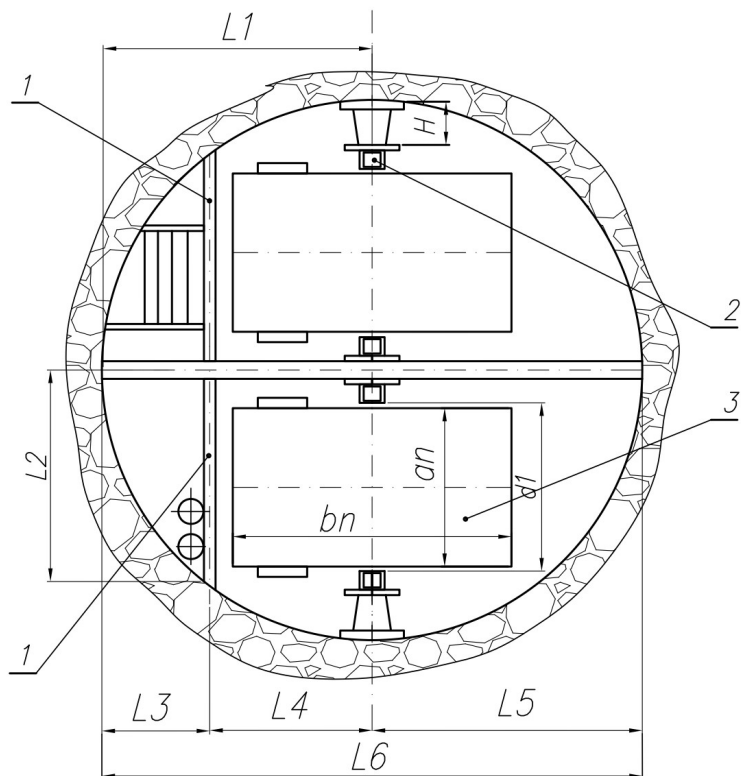


d)

Фигура 4.3. Двустранно разположение на водачите при скипов подъем
Позиции: 1- носачи; 2 – водачи; 3 – скипове

Конструктивната схема на армировката се определя от разположението на водачите и носачите в границите на сечението и разполагането на сеченията в дълбочина, т.е. стъпката на армировката. На *фигури 4.2., 4.3., 4.4., 4.5., 4.6. и 4.7.* са показани някои типови конструкции на сечението на армировката на действащи скипови, клеткови и скипо-клеткови шахти.

При проектиране сечението на армировката се използват странично едностранно, странично двустранно и челно разположение на водачите спрямо подемния съд.



Фигура 4.4. Схема на конзолни носачи за скипов подем
Позиции: 1- конзолни носачи; 2 – водачи; 3 - скипове

Едностранно страничното разположение на водачите се използва основно за клетков подъем както е показано на следните *фигури 4.5.- а), с); 4.6. и 4.7 с), d)*. Водачите (обикновено не повече от два за всяка клетка) се разполагат с едната си страна в равнинната, успоредна на надлъжната ос на клетката.

При наличие на две клетки, водачите са закрепват към общ централен носач: *фигура 4.5. - а)* или към хордов носач (независим) - *фигура 4.5.- с)*, като отделните позиции на фигурите са: 1- носач; 2 – странични водачи; 3 – клетки.

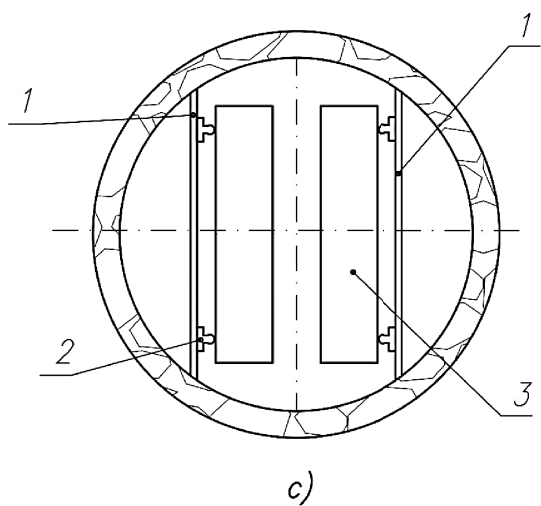
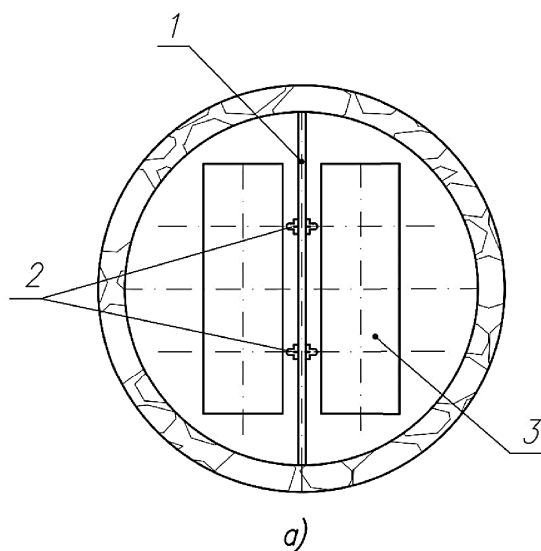
В последният случай между клетките обикновено се поставят отбойни въжета. От гледна точка на увеличаване на дълговечността на армировката, закрепването на водачите на общ носач е нежелателно и при проектиране се използва рядко.

Предимствата на едностранното разположение са:

- намаляването амплитудата на относителните колебания на клетката около вертикалната ос;
- опростяване на армировката, което води към снижаване на аеродинамичното съпротивление на шахтата;
- може да се прилага при неблагоприятни минно-геоложки условия и при значително изкривяване на шахтата.

Основен и съществен недостатък на схемата е необходимостта от използването на релсови водачи, които имат малка напречна коравина в съчетание с твърди направляващи устройства – плъзгащи „лапи“. При това се наблюдава интензивно механично износване на водачите и „лапите“. Конструкцията на едностранныте ролкови направляващи устройства са с много малка работоспособност.

Челното разположение на водачите показани на *фигура 4.5. – с)* се използват за клетков подъем. При него се избягват горните недостатъци и в последните години тази схема намира широко приложение в световната практика. Разработени са и се прилагат типови схеми, които се отличават по броя на поместените в шахтата клетки и някои конструктивни особености на етажа на армировката.



**Фигура 4.5. Схема на странично разположение на водачите за клетков
подем - а) с централен носач; с) с хордови носачи**
Позиции: 1- носач; 2 – странични водачи; 3 – клетки

Съгласно тази схема водачите се разполагат откъм по-късата страна на клетката, което осигурява малки амплитуди на отклонителните колебания около вертикалната ос, като се съкращава дължината на основните водачи, увеличава се тяхната коравина и се облекчава вентилационния режим. В днешно време челните водачи изпълнени от кутиеобразен профил се използват в съчетание с еластични ролкови направляващи устройства.

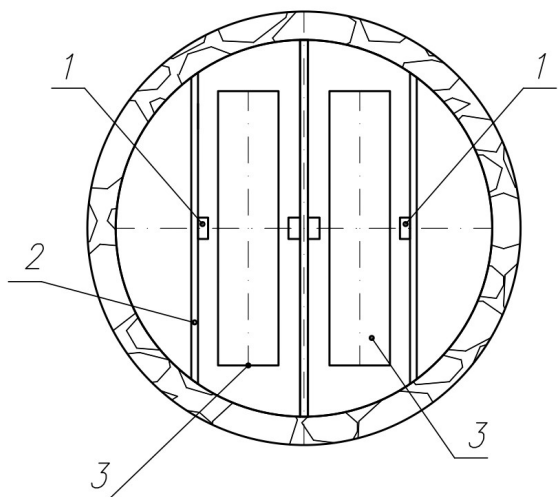
Към недостатъците на тази схема се отнасят прекъсване на челните водачи и преход на допълнителни водачи при приемните площадки в околешахтовия двор и надшахтовата кула. Този недостатък особено изпъква при наличие на междинни хоризонти, поради което намалява скоростта, а от там и производителността на подема.

Двустраниното разположение на водачите се използва при клетков подем както е дадено на *фигури 4.5. – b) и 4.7. a), b)*. На *фигура 4.7. a), b)* са изобразени следните позиции: 1- водачи; 2 – носачи; 3 – клетки. За клетковите шахти тази схема се препоръчва при многохоризонтални разработки и благоприятни минно - геоложки условия, когато изкривяването на шахтата е незначително.

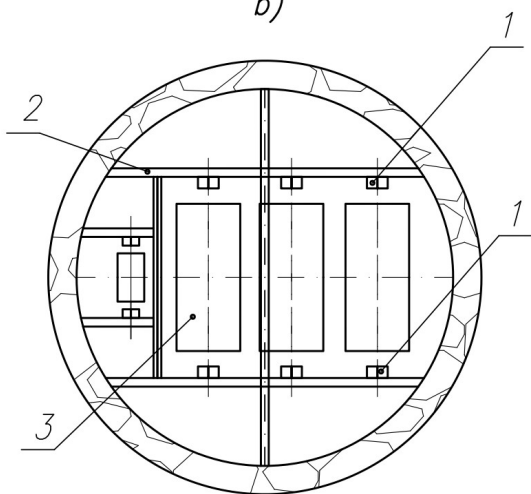
При наличие на два странични водачи са възможни по-големи амплитуди на отклонителните колебания на клетката около вертикалната ос, което е съществен недостатък на тази схема и изключва прилагането ѝ при по-големи пределни натоварвания и скорост на подема. За това при дължина на клетката над 4 метра вместо схема с два странични водача се прилага схема с четири странични водача както е показано на *фигура 4.7. a), b)*.

Такава схема се среща преди всичко в рудната промишленост при скипо-клеткови шахти. Трябва да се отбележи, че в този случай еластичните ролкови направляващи имат само две ролки - челна и странична.

Обаче използването на четири странични водача увеличава опасността от заклиняване на клетката при деформации на шахтата или да се получи неправилен монтаж на водачите. Увеличава се също и металоемкостта и аеродинамичното съпротивление на шахтата.



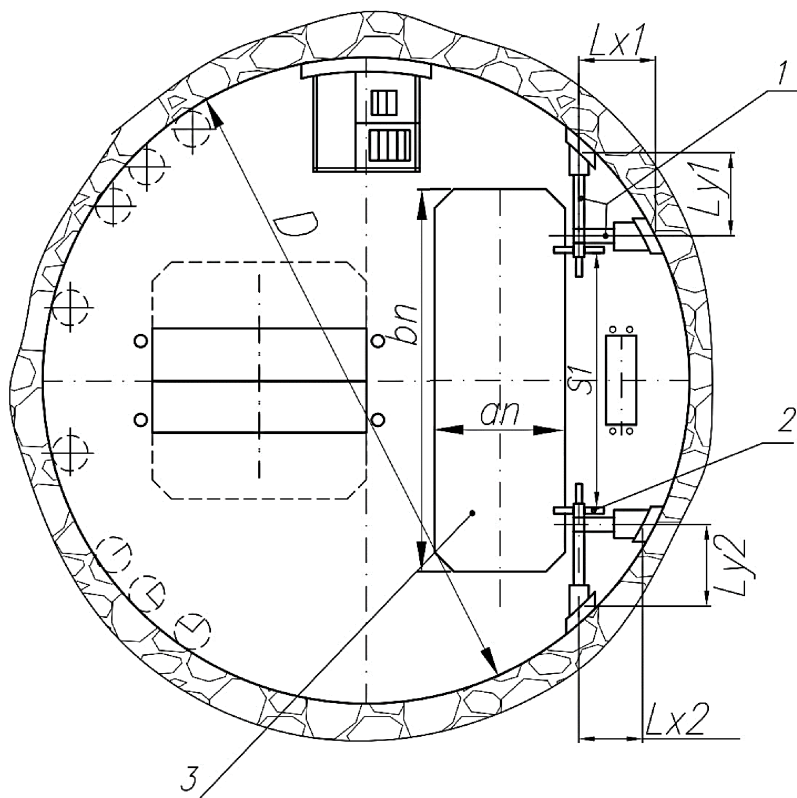
b)



d)

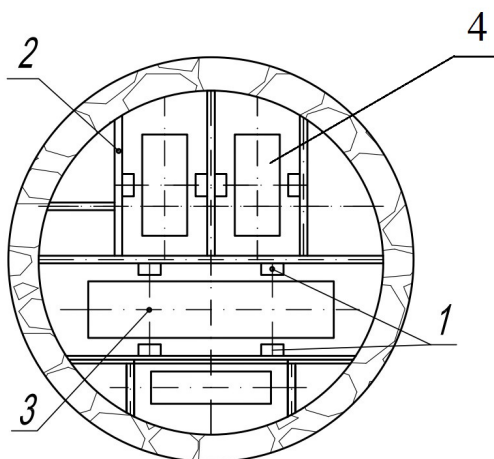
Фигура 4.5. Схеми за клетков подъем: b) с двустранно разположение на водачите; d) с челно разположение на водачите

Позиции: 1- водачи; 2 – носачи; 3 - клетки

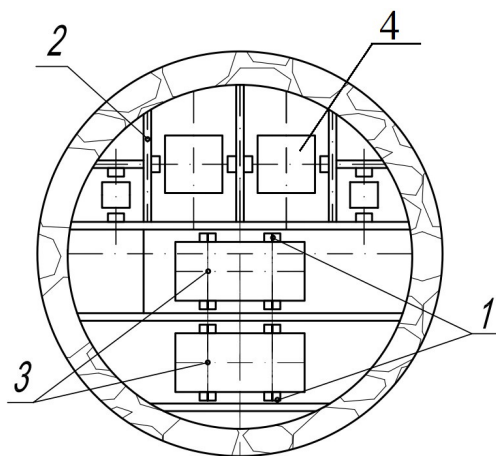


Фигура 4.6. Схема на клетков подем с конзолно-опорни носачи
Позиции: 1- конзолно – опорни носачи; 2 –ролкови направляващи
апарати; 3 - клетка

За скипови шахти схемата с двустранни водачи е основна по причина, че конструкцията има почти квадратни размери в план и използваните скипове правят нецелесъобразно прилагането на схема с едностранни и странични водачи. Освен това опасността от заклиняване на подемния съд и дерайлирането му от водачите представлява за скиповия подем по-малка опасност отколкото при подем на хора или на хора в скипо-клетковия подем.



a)



b)

**Фигура 4.7. Схема на двустранно разположение на водачите за скипо -
клетков подъем**

Позиции: 1- водачи; 2 – носачи; 3 – клетки

Към недостатъците на двустранното разположение на водачите освен казаните по-горе, трябва да причислим също така и необходимостта от разполагане на водачите близо до центъра на шахтата, където коравината на носачите близо е най-малка. В това отношение особено целесъобразна е схемата посочена на *фигура 4.5. б).*

За клетков подем се използват преди всичко схемите с челни водачи и по-рядко с едностранни странични водачи както е показано на *фигура 4.8. а)* - Схема на клетков подем с четири водача – 1- водачи, 2 - ролкови направляващи; 3 - клетка; *б)* - Схема на скипов подем с двустранно разположение на водачите – 1 - допълнителна връзка между носачите; *в)* Ш-образен етаж за клетков подем – 1 -Ш-образни носачи.

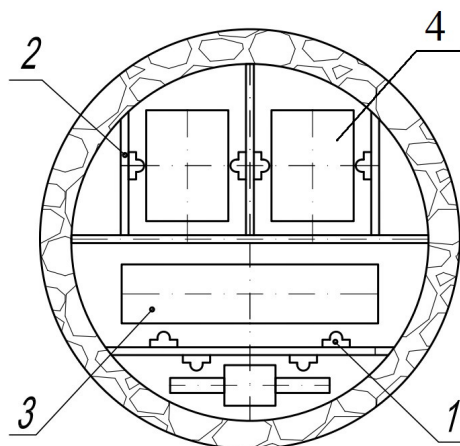
Заслужава внимание схемата с четири водачи по ъглите на клетката(*фигура 4.8. а)*), като водачите са от ъглов профил, а направляващото устройство е двуролково.

В зависимост от разположението на носачите в напречно сечение на шахтата те биват хордови както е дадено на *фигура 4.5. -* схема на странично разположение на водачите за клетков подем - *а)* с централен носач; *в)* с хордови носачи. Схема с конзолни носачи е дадена на *фигура 4.4. -* схема на конзолни носачи за скипов подем с позиции: 1- конзолни носачи; 2 – водачи; 3 – скипове.

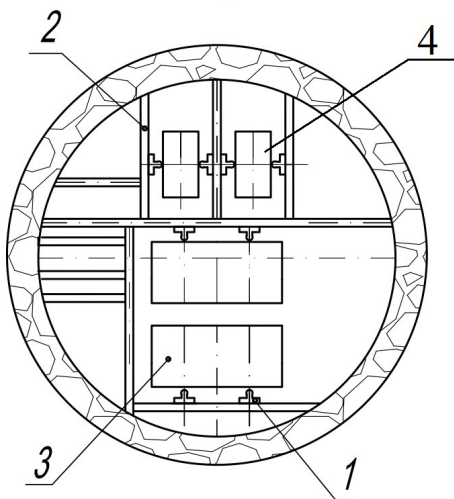
Фигура 4.6. описва схема на клетков подем с конзолно-опорни носачи и е съставена от следните позиции: 1- конзолно – опорни носачи; 2 – ролкови направляващи апарати; 3 - клетка

Разположението на водачите относно подемния съд определя поместването на основните носачи и спомагателните носачи в сечението на шахтата, конструкцията на взаимното им свързване и свързването им с крепежа на шахтата. Конструкциите на сечението на твърдата армировка в шахтите, намиращи се в експлоатация са твърде разнообразни.

Това разнообразие на конструктивните решения налага необходимостта от разработка на типови сечения на шахтите, които създават по-голями удобства за експлоатация и възможност за ограничаване до минимум броя типоразмери на оборудването и елементите на армировката.



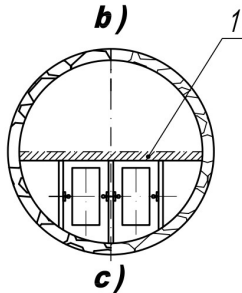
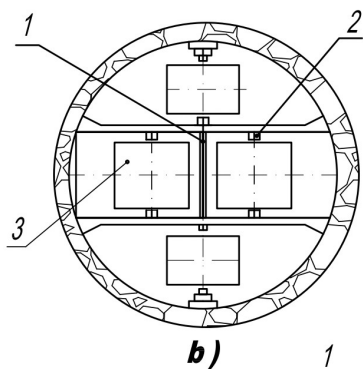
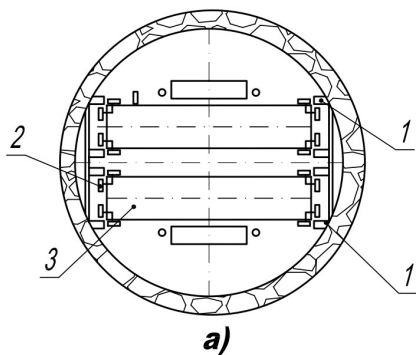
c)



d)

**Фигура 4.7. Схема на едностранно разположение на водачите за скипо
- клетков подем**

Позиции: 1- едностранни водачи; 2 –носачи; 3 - клетка



Фигура 4.8. а) Схема на клетков подеи с четири водача – 1- водачи, 2- ролкови направляващи; 3- клетка; б) Схема на скипов подеи с двустранно разположение на водачите – 1 -допълнителна връзка между носачите; в) Ш -образен етаж за клетков подеи – 1 -Ш-образни носачи

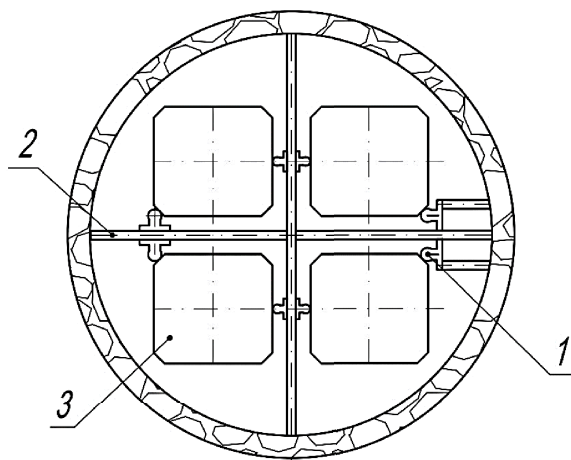
Ако не се отчитат конструктивните особености на сечението на армировката, свързани с изменението на диаметъра на шахтата и габаритите на подземните съдове и се разглежда взаимното разположение само на основните носачи, твърдата армировка може да се подраздели по *конструктивна схема на сечението на три основни типа*:

I – с независими носачи: II - III – образен етаж и III – с рамна конструкция на етажа.

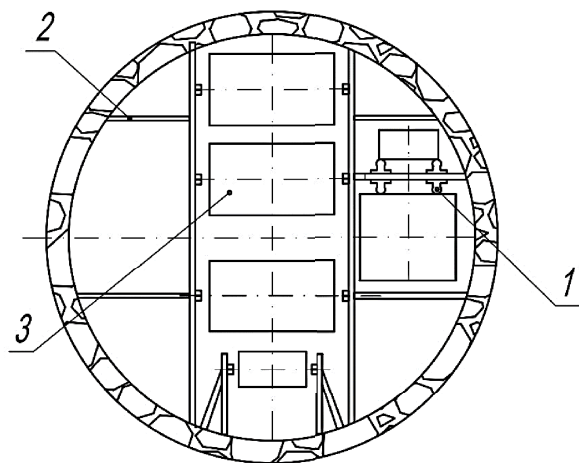
Към първия тип се отнасят армировките с носачи, изпълнени във вид на отделни независими греди, зазидани в крепежа на шахтата в двата си края. Тази най-проста и широко разпространена схема се приема както за скипов подеи изобразена на *фигура 4.3.* - двустранно разположение на водачите при скипов подеи с позиции: 1- носачи; 2 – водачи; 3 – скипове, така и за клетков подеи на *фигура 4.5.*

Недостатък на схемата е малката челна коравина на носачите при големи диаметри на шахтите, особено в случая със странично разположени водачи. Това обстоятелство изисква да се прилагат по-тежки профили или да се поставят допълнителни конструктивни връзки между носачите или крепежа на шахтата, както е показано на *фигура 4.5. c) и фигура 4.6. d).*

Армировката с III- образен етаж се използва в скиповите шахти дадени на *фигура 4.3. a) и b)* и скипо – клетковите шахти показани на *фигура 4.7.*, като в този случай на главния носач, зазидан в двата края на крепежа на шахтата се опират работните носачи. Етажа на армировката се получава сравнително прост, като има значителна коравина. Работния носач в зависимост от габаритите на подземния съд се разполага на различно разстояние от центъра на шахтата, при това в скиповите шахти обикновено се увеличава основното скипово отделение, в скипо-клетковите – клетковото отделение, особено при наличие на две клетки (*На фигура 4.7. b), d).*). Последните две схеми представляват комбинация от I и II тип армировки.



a)



b)

**Фигура 4.9. Разредена схема на армировката за скипов подеи – 1 –
водачи; 2 – носачи; 3 – скипове;**

Към III тип се отнасят армировките с рамна конструкция на етажа в скиповите шахти (*На фигура 4.3. d*), когато работните носачи се опират на два основни. Тук етажа е със сложна конструкция и има голямо аеродинамично съпротивление.

Към армировките от I тип широко се практикува монтирането на допълнителни връзки между носачите. На *фигура 4.9. a)* е показана армировка с независими носачи за клетков подеи. Монтирането на допълнителни връзки, често се практикува както е изобразено на *фигура 4.8. b)*. При дълбоки шахти когато има специално вентилационно отделение са прилага армировка от II тип с III – образен етаж както се вижда от *фигура 4.8. c)*.

Типовите конструкции на твърдата армировка имат ред съществени недостатъци. Сложната конструкция на сечението с голям брой носачи увеличава маталоемкостта на армировката и аеродинамичното съпротивление на шахтата, което в крайна сметка води към увеличаване на капиталните и експлоатационни разходи.

Дори да не се обръща внимание на значителната маталоемкост на типовите конструкции, тежките експлоатационни възможности са ограничени. Максималната проектната скорост на движение на подеиите съдове обикновено не превишава 14 m/s, а фактически е под 12 m/s, което е на границата да е недостатъчно за дълбоки шахти с голяма производителност.

Теоретическите и проектно-конструктивните изследвания от последните години набелязаха няколко направления за усъвършенстването на типовите конструкции на армировката, а именно :

- приемане на правоъгълни профили;
- преминаване към челно разположение на водачите;
- използване на еластични ролкови направляващи;

Експлоатационните възможности на традиционните типови конструкции на твърдата армировка практически са изчерпани.

Разработването на перспективни конструкции на твърдата шахтна армировка към днешна дата се осъществява в две направления:

1- опростяване конструкцията на сечението на армировката и 2 - използване на променлива стъпка на армировката.

Първото направление има за цел създаване на принципно нови конструкции на сечението, което би осигурило ниска маталоемкост, а следователно и по-малък коефициент на аеродинамично съпротивление.

Към тези конструкции се отнасят схемите с разредена армировка и с конзолно-опорно закрепване на водачите(т.н. безносачни схеми).

На *фигура 4.9. а)* е показана схема с разредена армировка за скипови шахти.

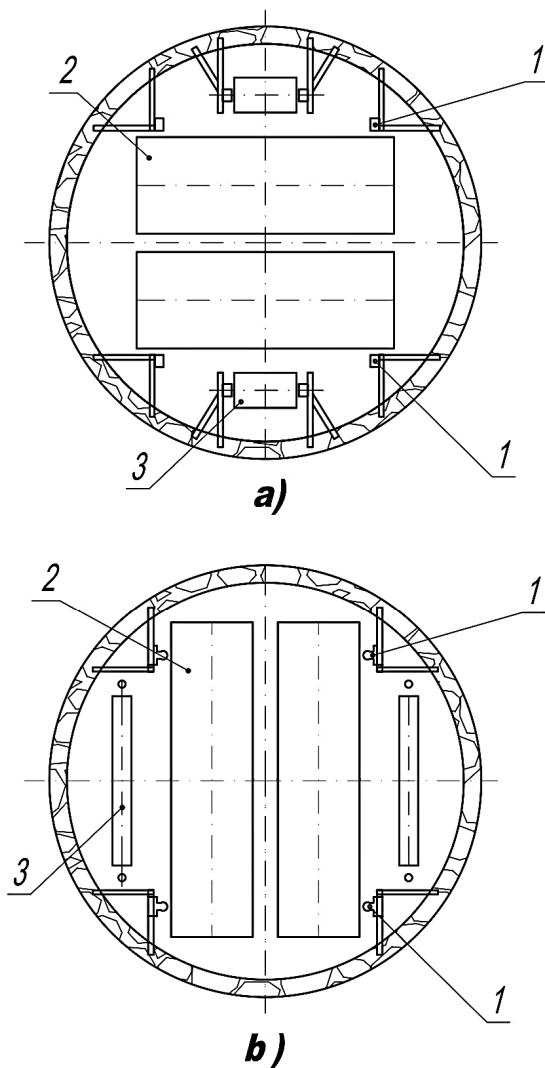
Използваните в практиката типови конструкции на скиповете със странично разположени водачи създават определени трудности при проектиране на схемите с разредена армировка. При това положение, целесъобразно е да се използват скипове със специална конструкция с челно разположение на водачите. На *фигура 4.9. б)* е дадена схема с разредена армировка за скипови шахти и челни водачи.

Ако в скипови шахти, даже и при използване на специални конструкции скипове, не може да се избегнат напълно носещите греди, то в клетковите е възможно преминаване към безносачни конструкции на армировката. На *фигура 4.10. а)* е представена схема на конзолно-опорна конструкция на сечението на шахтна армировка на клеткова шахта.

Друг пример за използване на безносачна схема на армировката се вижда на *фигура 4.10. б)* със следните позиции - 1 – водачи; 2 – клетки; 3 – противотежест.

Икономическия ефект, получен при преминаване от типова схема към схема с разредена армировка или безносачна армировка, може да бъде значителен особено при разработване на дълбоки хоризонти.

При замяна на типова схема с независими(хордови) носачи със схемата дадена на *фиг.4.10. а)* ще се намали диаметъра на шахтата, ще има икономия на метал, намаляване на аеродинамичното съпротивление, а следователно и капиталните разходи като икономически ефект.



Фигура 4.10. а) Конзолно – опорна конструкция за клетков подъем – 1 – водачи; 2 – клетки; 3 – противотежест;

б) Безносачна схема на армировката за клетков подъем– 1 – водачи; 2 – клетки; 3 – противотежест;

IV.4. Елементи на твърдата армировка за руднични шахти.

Елементи на армировката са: носачи, водачи, пешеходни отделения и различни носещи конструкции(греди под „юмруците“, бункерите за улавяне на дребен материал и др.).

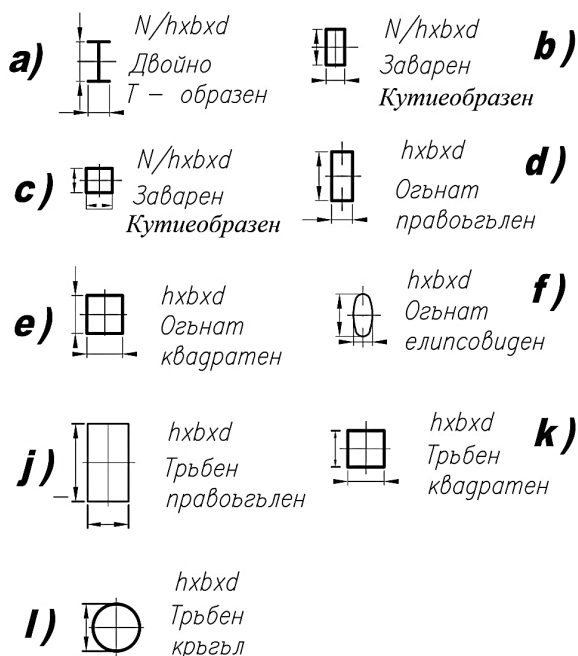
IV.4.1. Профили за носачите и водачите

Профилите на напречното сечение на водачите и носачите, които са основни елементи на твърдата шахтна армировка, трябва да удовлетворява изискванията за якост, коравина, дълготрайност и условията на интензивна корозия и механично износване, трябва да осигуряват минимално аеродинамично съпротивление и минимални капитални експлоатационни разходи, като това да довежда минимални капитални и експлоатационни разходи.

Важен въпрос при проектирането на твърдата шахтна армировка е проектантите и изследователите да направят правилен избор на рационален профил за водачите и носачите.

Експлоатационните качества на твърдата армировка е равна, а може би в по-голяма, степен зависят от контракцията на сечението, големината на армировката, механическите характеристики на подемния съд, направляващите устройства и други параметри на системата “подемен съд – шахтна армировка “.

Ако въпроса за използването на различни профили за елементите на твърдата армировка се разглежда в исторически аспект, следва да се отбележи, че до неотдавна за носачи са се използвали изключително двойно Т – образни; П – образни профили, а за водачи жп. релси и много рядко дървени греди. Също се прилагат специално горещо валцувани, огънати и заварени профили, имащи като правило затворена сечение.

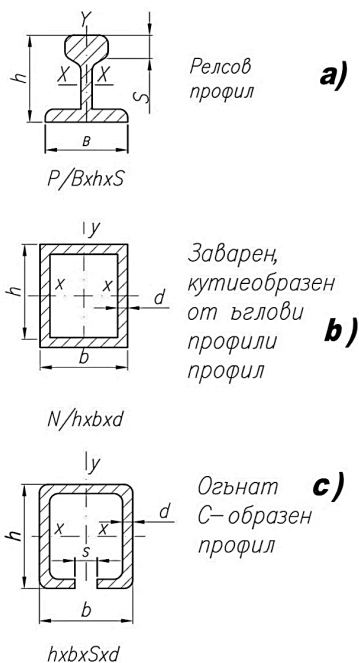


Фигура 4.11. Видове профили на носачи и наименование на профила

Такива профили използвани за носачи са: затворен кутиеобразен от равноностранен или неравноностранен ъглов профил; огънат – правоъгълен, квадратен или елипсовиден; тръбен –правоъгълен; квадратен или кръгъл както са изобразени на *фигура 4.11*.

За водачи освен релсовите в днешно време се използват заварен кутиеобразен профил от ъглови профили или огънат С – образен профил както е видно от *фигура 4.12*.

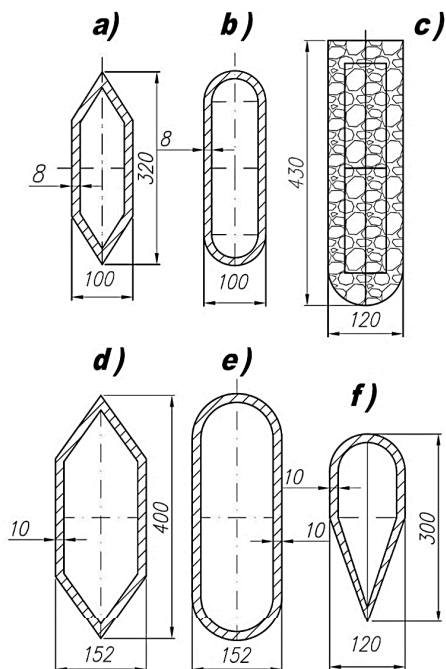
Освен това за направа на носачи се предлагат специални обтекаеми метални профили или железобетонни греди както е видно от *фигура 4.13*. Позиция *a)* изобразява хексагонален профил , а *c)* изобразява обтекаем железобетонен носач. Всички останали са носачи с обтекаема конструкция *b), d), e) и f)*.



Фигура 4.12. Видове профили на водачи и наименование на профила

При сравнение на двойно Т – образния профил със затворения, ясно проличават предимствата на последния по отношение на якост и коравина, Якостните показатели на всички затворени профили (техните съпротивителни моменти) при деформация в хоризонтално направление т.е. в направление на действието на основните експлоатационни натоварвания са няколко пъти по високи, отколкото при двойно Т – образните имащи същото тегло.

Трябва да се отбележи, че съпротивителните моменти на затворените профили при деформиране във вертикална равнина са по-ниски. Обаче техните якостни показатели при възприемане на вертикални натоварвания, приложени ексцентрично остават достатъчно високи, тъй като затворените профили по добре се предпоставят на огъване отколкото двойно Т - образните

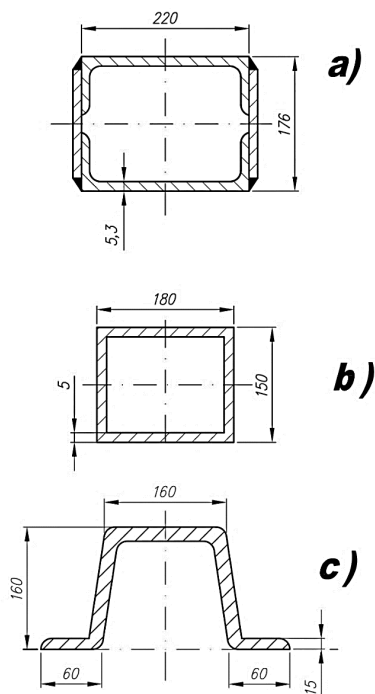


Фигура 4.13. Видове профили на обтекаеми носачи

Дълготрайността на носачите се определя от корозионното износване и от умората на материала. На умора в условията на огъващо – опънови деформации, които са характерни за носачите са подложени преди всичко двойно Т – образните профили. Корозионното износване на армировката в шахти с голям водоприток достига няколко десети части от милиметъра годишно.

Затворените профили при отсъствие на попадаща влага вътре в сечението корозират два пъти по – бавно от откритите двойно Т – образни профили.

Аеродинамичното съпротивление на носачите е изключителен важен фактор определящ избора на профила. Така например замаяната на двойно Т – образен профил с огънат правоъгълен със закръглени ъгли може да намали аеродинамичното съпротивление значително около 2-3 пъти.



Фигура 4.14. Видове профили за водачи

По такъв начин отчитайки цялата съвкупност от технически и икономически изисквания , може да се подчертае , че най-перспективни са носачите с правоъгълен затворен профил. При това по-високи технико-икономически показатели има огънатия правоъгълен профил, изработен посредством профилиране на стомана чрез поточна заварка.

На *фигура 4.14. a) и b)* са изобразени водачи от кутиеобразни профили изработени чрез заварка на два П- образни профили. Друг широко използван вариант е даден на *фигура 4.14. c)* а именно валцуван профил от средно въглеродна стомана.

От сравнението на всички използвани в практика профили за водачи се вижда, че най-перспективни за главни шахти са огънатите затворени профили и огънати С – образен профил. Те имат следните по-важни предимства пред другите често използвани в практика водачи, а именно релсовите.

- при равностоеен разход на метал имат по-голяма челна и странична коравина.
- по – голям съпротивителен момент.
- - близо 2 пъти по-голяма дълговечност вследствие използване на ролкови направляващи, а не плъзгащи лапи и по-голяма корозионна устойчивост.
- Стойността на огънатите С – образни профили не превъзхожда стойност на релсовите водачи, коравината и якостните показатели на които са няколко пъти по-ниски.

IV.5. Изводи към Глава IV

1. Перспективността на схемите с разредена и безносачна армировка във връзка с увеличаване на пределните натоварвания и скоростта на подема е спорна. Основен конструктивен елемент на армировката промяната, на който може да доведе към увеличаване на производителността е стъпката на армировката.

2. Стъпката на армировката, т.е. разстоянието между етажите, зависи от профилите на водачите, носачите, конструкцията на сечението, пределните натоварвания и скоростта на подема.

3. В практиката стъпката на армировката при релсови водачи е 3, 125 или 4, 168 т. Необходимо е да се отбележи, че големината на стъпката на армировката при релсови водачи се приема кратна на дължината на релсата (12,5 и 25 т), тъй като свързването на водачите се осъществява при носачите. При кутиеобразни водачи стъпката се приема 3 или 4 т.

4. Теоретическите изследвания през последните години показват възможност за увеличаване на стъпката на армировката до 6 т за

дълбоки шахти с голяма производителна мощност за сметка на прилагане на елементи на армировката от кутиеобразен профил с повишени съпротивителни моменти. Увеличаването на стъпката на армировката до 6 m позволява да се намали маталоемкостта и аеродинамичното съпротивление на шахтата. Но реализацията на такава конструкция на практика зависи от много фактори като минно-геоложките условия на находището, възможности за строителство и др.

ГЛАВА V

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНЕРЦИОННИТЕ И ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОДЕМНИ СЪДОВЕ ЗА РУДНИЧНА УРЕДБА

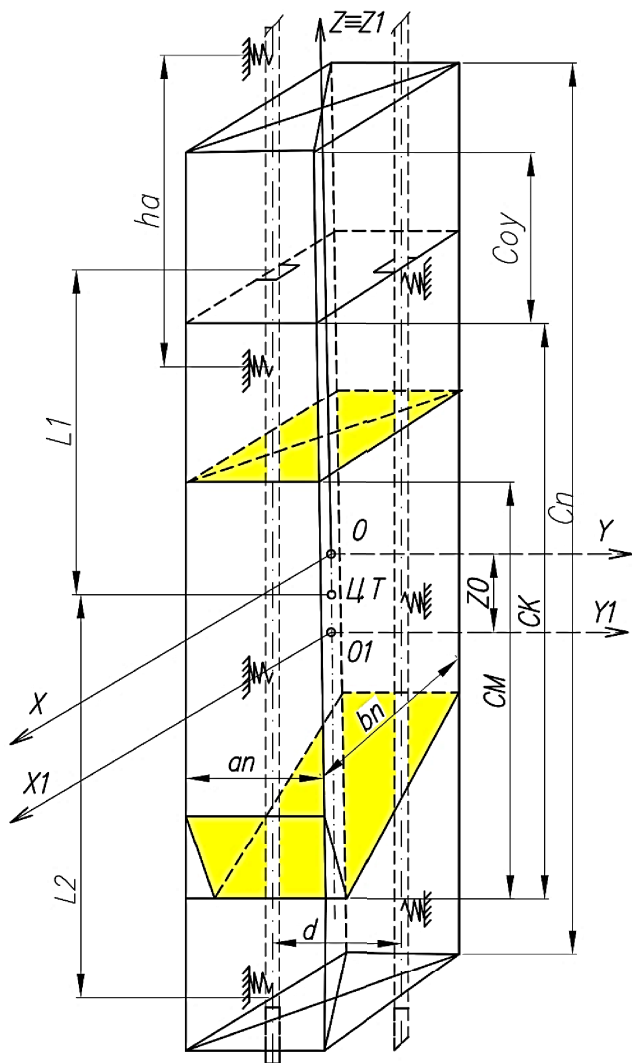
V.1. Общи сведения за инерционните и геометричните характеристики на подземни съдове и необходимостта от тяхното определяне

В литературата са описани случаи [7, 8, 9] на внезапно разрушаване на армировката на шахтата през време на движение на подземния съд, което показва, че са на лице разрушаващи динамични сили възникващи по време на движение на подземния съд. Те може да са резултат от системните вибрации на подземния съд, които се предават по еластичните шахтови водачи по време на експлоатация с голяма скорост или от дефекти както в армировката, така и в подземния съд. Едни от основните фактори, които характеризират работоспособността на системата „армировка - подемен съд“, са възникващите хоризонтални трептения на подземния съд; ударите при движение на подземния съд вследствие на некачествен монтаж на водачите и наличието на резонансни явления. Редица изследвания доказват [38, 39, 40, 41], че характерът на процеса на взаимодействие между движещ се подемен съд и армировката на вертикалната шахта в значителна степен се определят от инерционните характеристики на подземния съд. Тези характеристики на подземния съд участват в определянето на условията за динамическата устойчивост на системата „подемен съд -армировка“.

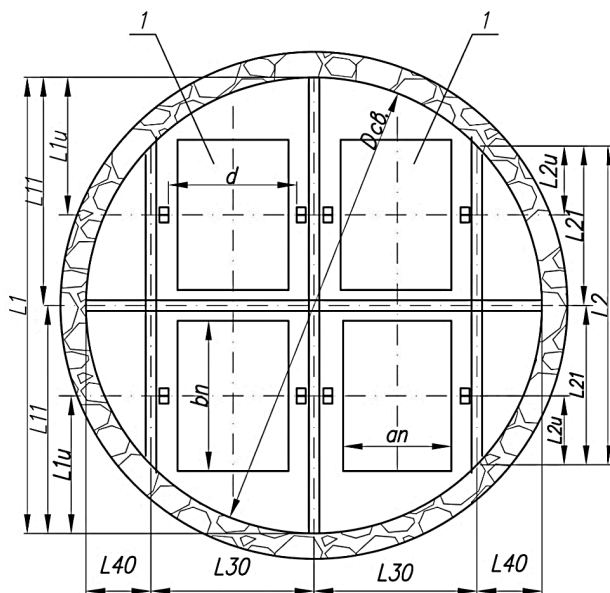
Аналитичното изчисляване на основните технически характеристики на подземния съд поради обективни причини е съпроводено с редица приближения и грешки в получените резултати

В тази глава са обосновани и предложени методики за аналитично и компютърно определяне на инерционните характеристики на скип и подемна клетка за руднична подемна уредба.

На *фигура 5.1.* е дадена изчислителна схема за определяне на геометричните и инерционните характеристики на натоварен скип за възглица с вместимост 12 m^3 .



Фигура 5.1. Изчислителна схема за определяне на геометричните и инерционните характеристики на натоварен скип за въглища с вместимост 12 m³



Фигура 5.2. Схема на армировката и разположението на подемните скипове, позиция 1- скипове

V.2. Аналитично определяне на инерционните моменти на скип с вместимост 12 m^3

Определяне на инерционните характеристики на еднородни тела с правилна геометрична форма, се извършва с методите на интегралното смятане[8, 9, 10, 15, 23]. Скиповете са тела с правилна геометрична форма, но нееднородни, поради което масовите им инерционни моменти се определят аналитично или експериментално. При аналитичното определяне на инерционните моменти скиповете(клетките) се представят като съставени от възможно по-прости елементи със систематизирани характеристики.

Съществуващите теоретични методи за изследване и определяне на динамичната устойчивост на подемния съд в една или друга степен се основават на някои предположения, които трябва да се проверяват и изясняват единствено чрез експериментални изследвания.

Обектът на изследване е разгледаният на *фигури.5.1. и 5.2.* рудничен подемен съд. На *фигура 5.2.* е показана схемата на армировката на скипова шахта за въглища и разположението на подемните скипове, като позиция 1-скипове.

V.2.1. Определяне на масовите инерционни моменти на празния скип

V.2.1.1. Масов инерционен момент на празен скип спрямо ос Oх:

$$I_X^{\text{празен}} = \frac{m_{\text{скип}}}{12} \cdot (a_{\Pi}^2 + c_{\Pi}^2), \quad [kg.m^2] \quad (5.1)$$

V.2.1.2. Масов инерционен момент на празен скип спрямо ос Oу:

$$I_Y^{\text{празен}} = \frac{m_{\text{скип}}}{12} \cdot (b_{\Pi}^2 + c_{\Pi}^2), \quad [kg.m^2] \quad (5.2)$$

V.2.1.3. Масов инерционен момент на празен скип спрямо ос Oz:

$$I_Z^{\text{празен}} = \frac{m_{\text{скип}}}{12} \cdot (a_{\Pi}^2 + b_{\Pi}^2), \quad [kg.m^2] \quad (5.3)$$

Където $m_{\text{скип}}$ – маса на празния скип [10];

V.2.2. Определяне на масовите инерционни моменти на пълния скип

V.2.2.1. Масов инерционен момент на пълен скип спрямо ос Oх:

$$I_X^{\text{пълен}} = I_X^{\text{празен}} + m_{\text{товар}} \cdot \left(\frac{a_{\Pi}^2 + c_M^2}{12} + Z_0^2 \right), [kg.m^2] \quad (5.4)$$

V.2.2.2. Масов инерционен момент на пълен скип спрямо ос Oу:

$$I_Y^{\text{пълен}} = I_Y^{\text{празен}} + m_{\text{товар}} \cdot \left(\frac{b_{\Pi}^2 + c_M^2}{12} + Z_0^2 \right), [kg.m^2] \quad (5.5)$$

V.2.2.3. Масов инерционен момент на пълен скип спрямо ос Oz:

$$I_Z^{\text{пълен}} = I_Z^{\text{празен}} + m_{\text{товар}} \cdot \left(\frac{a_{\Pi}^2 + b_{\Pi}^2}{12} \right), [kg.m^2] \quad (5.6)$$

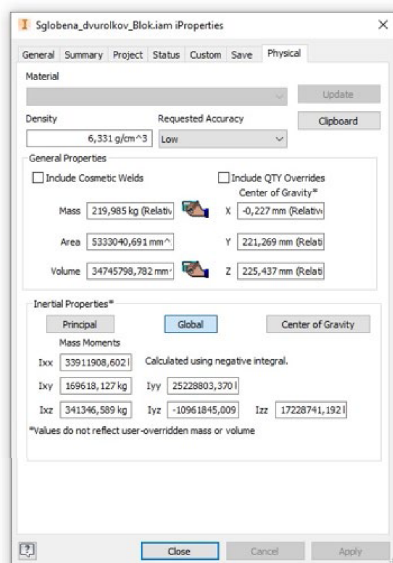
V.2.3. Габаритни размери на скипа(показан на *фигура 5.1.*):

- $a_{\Pi} = 1620 \text{ mm}$ – дължина на скипа;
 - $b_{\Pi} = 2230 \text{ mm}$ – широчина на скипа;
 - $c_{\Pi} = 11580 \text{ mm}$ – височина на скипа заедно с долното и горното окачващо устройство;
 - $C_{Oy} = 2200 \text{ mm}$ – височина на горното окачващото устройство;
 - $C_K = 7580 \text{ mm}$ – височина само на скипа;
 - $C_M = 5500 \text{ mm}$ – височина само на материала в скипа;
 - $ha = 4000 \text{ mm}$ – стъпка на носачите;
 - $d = 1690 \text{ mm}$ – разстояние между водачите;
 - $Zo = 1200 \text{ mm}$ – проекция на геометричния център на полезния товар върху осите Ox и Oy ;
- Където $m_{\text{товар}}$ – маса на товара в скип [15];

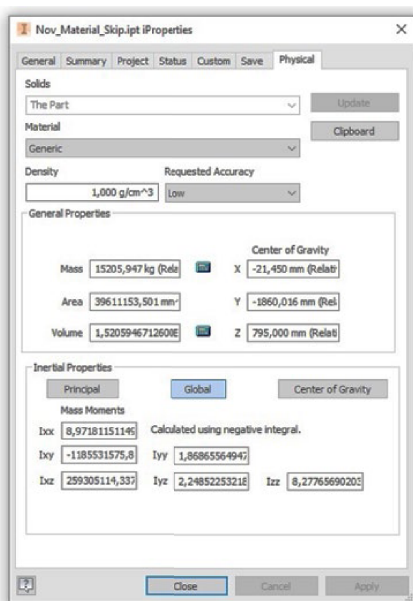
V.3. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на скип за въглища с вместимост 12 m^3

Създаването на *3D CAD* модел на скип с обем на коша е на база геометричните параметри дадени на *фигура 5.1.* и описани в детайли по-горе. Планиране на изследването включва използване на възможностите на *CAD* - продукта *AutoDesk Inventor* за определяне на инерционните характеристики на подемен съд за руднична скипова уредба. Този софтуерен продукт е предназначен за конструиране и изследване на механични елементи и системи.

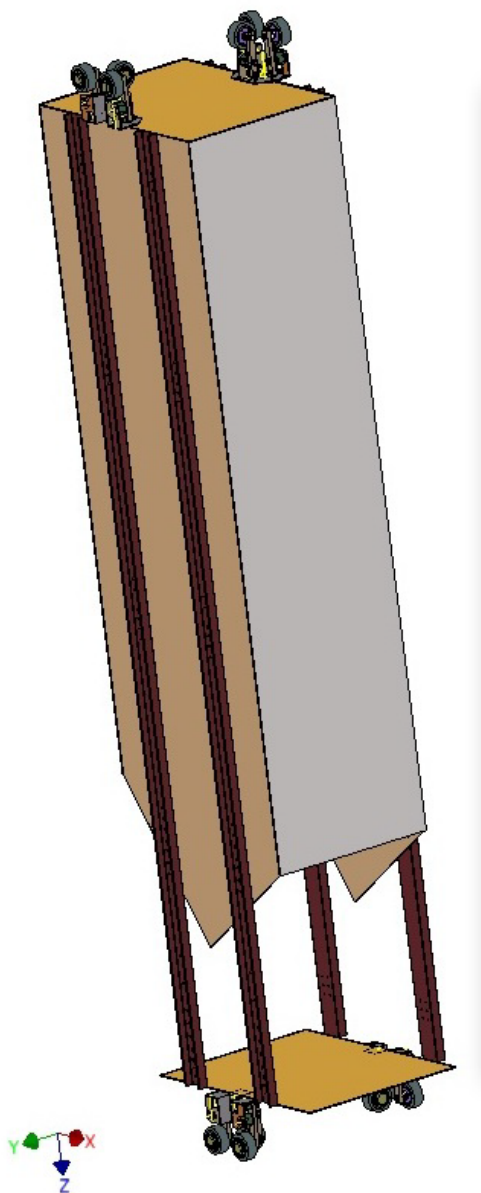
На *фигура 5.3.* е даден *3 D* модел, който представлява еластично направляващо устройство или триролков блок за скипа с таблица с геометричните му характеристики. Скипа е снабден с четири триролков блока разположени по два в горната и долната му част. Всеки един от блоковете е с маса от 219 kg , което е видно от таблицата в дясно, като общата маса на блоковете е 876 kg . На *фигура 5.5.* е показан *3 D* модел на празен скип за въглища, а информацията с геометричните му характеристики се вижда от *таблица 5.1.* Конструкцията му е изградена от ламарина от въглеродна стомана с плътност $7,85 \text{ t/m}^3$ с дебелина на стената $d = 10 \text{ mm}$.



Фигура 5.3. 3 D модел на триролков блок за скип



Фигура 5.4. 3 D модел на насипния материал в скипа



Фигура 5.5. Компютърен 3 D модел на празен скип с вместимост 12 m^3

От *фигура 5.5.*, на която имаме 3D модел на скипов подемен съд става ясно, че масата на празния скип е 8647 kg(*табл.5.1.*). От *таблица 5.1.* можем да видим глобалните масови инерционни моменти (global mass moments of inertia) спрямо трите оси, както са дадени на фигурата, които са получени от софтуера на програмата.

V.3.1. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на празен скип за въглища с вместимост 12 m³

V.3.1.1. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0x;

- $I_{xx} = 1\,061\,867\text{ kg.m}^2$

V.3.1.2. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0y;

- $I_{yy} = 278\,745\text{ kg.m}^2$

V.3.1.3. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0z;

- $I_{zz} = 1\,160\,602\text{ kg.m}^2$;

На *фигура 5.4.* е изобразен насипния материал в скипа, който представлява паралелепипед с неправилна форма. Зададен е в програмата с плътност 1,00 t/m³, което представлява осреднена стойност на натрошените въглища и поради факта, че те са нееднородни и с различна големина е приета тази стойност. Получената маса на товара е 15 205 kg, като тя е приблизително равна на товароподемността на скипа. На *фигура 5.6(Позиции: 1 – скип; 2- материал в скипа)* е представен направения 3D модел на скипа с материал в него. От *таблица_5.2.* с характеристиките на модела виждаме, че общата му маса е 23 853 kg, както и получените глобалните масови инерционни моменти (global mass moments of inertia) на пълния скип.

V.3.2. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на пълен скип за въглища с вместимост 12 m³

V.3.2.1. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0x;

- $I_{xx} = 2\,895\,409\text{ kg.m}^2$;

V.3.2.2. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0y;

- $I_{yy} = 720\,521\text{ kg.m}^2$;

V.3.2.3. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0z;

- $I_{zz} = 3\,175\,938\text{ kg.m}^2$;

Skip_12_m3.iam (LevelofDetail1) iProperties

General Summary Project Status Custom Save Physical

Material

Density 6,861 g/cm³ Requested Accuracy Low

Update Clipboard

General Properties

☐ Include Cosmetic Welds ☐ Include QTY Overrides

Center of Gravity*

Mass 8647,434 kg (Relat) X 4619,481 mm (Rela

Area 169312044,763 mm Y -10574,556 mm (Re

Volume 1260314112,490 m Z 1576,527 mm (Rela

Inertial Properties*

Principal Global Center of Gravity

Mass Moments

Ixx 1,0618674436E Calculated using negative integral.

Ixy 4,2240975588E Iyy 2,7874527804E

Ixz -6,253E+10 kg Iyz 1,4416860650E Izz 1,1606024998E

*Values do not reflect user-overridden mass or volume

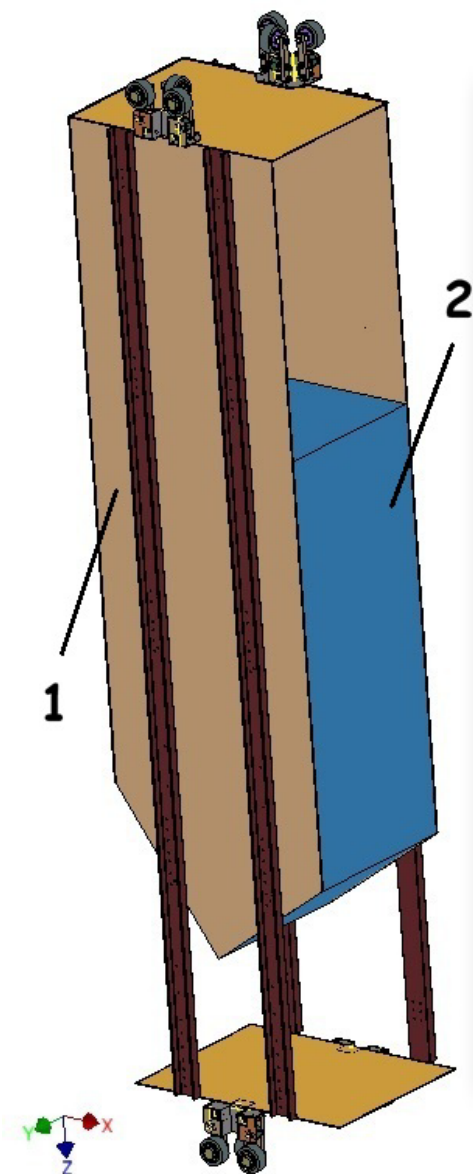
Close Cancel Apply

Таблица 5.1. Геометрични и инерционни характеристики на празния скип

Така изследвания компютърен модел потвърждава аналитичните пресмятания, които бяха направени по-горе. Получените резултати са очаквани и адекватни при сравняване на двете методики – аналитичната и компютърния модел.

Компютърните програмни продукти за 3D моделиране намират широко приложение при съставянето на изчислителни модели за изследване на големи линейни и нелинейни материални системи подложени на статични и динамични въздействия. Чрез тях сме в състояние да съставим, анализираме и тълкуваме сложни, както в геометрично, така и в материално отношение модели на системи съставени от множество конструктивни елементи. И така базисната идея се състои в представяне на сложната в геометрично отношение изследвана система като ансамбъл от подсистеми, или аналогично казано сложната геометрична област се разделя на краен брой подобласти. Тези елементи в 3D модела могат да са разглеждани и като отделни части и като едно тяло със съответните геометрични характеристики. Чрез тази процедура сложните от математическа гледна точка изрази описващи интересуващите ни величини в цялата област се заменят с по-прости отнесени към областта на отделните елементи.

Изследванията за динамиката на системата „подемен съд-армировка“, на вертикална шахта показват, че нейната работоспособност се определя преди всичко от такава комбинация между параметрите на армировката, подемния съд, направляващите устройства и режима на работа на движение, при която се осигурява динамическа устойчивост на системата при нормални амплитуди на параметричните колебания на подемния съд при взаимодействието му с водачите от армировката. В тази глава е предложен компютърен метод за изследване и определяне на основните инерционни параметри на скип и четириетажна клетка за руднична подемна уредба, като той осигурява възможност за анализиране на произведено или новопроектирано конструктивно изделие.



Фигура 5.6. Компютърен 3 D модел на пълен скип с материал

Skip_12_m3.iam (LevelofDetail1) iProperties

General Summary Project Status Custom Save Physical

Material

Density 1,449 g/cm³ Requested Accuracy Low

Update Clipboard

General Properties

☐ Include Cosmetic Welds ☐ Include QTY Overrides

Center of Gravity*

Mass 23853,381 kg (Rela) X 4533,978 mm (Rela)

Area 208923198,263 mm² Y -10574,556 mm (Rela)

Volume 1,6466260825090E+11 mm³ Z 2252,201 mm (Rela)

Inertial Properties*

Principal Global Center of Gravity

Mass Moments

Ixx 2,89540990262 Calculated using negative integral.

Ixy 1,1436372937 Iyy 7,20521120481

Ixz -2,429E+11 kg Iyz 5,68099321605 Izz 3,17593865245

*Values do not reflect user-overridden mass or volume

Close Cancel Apply

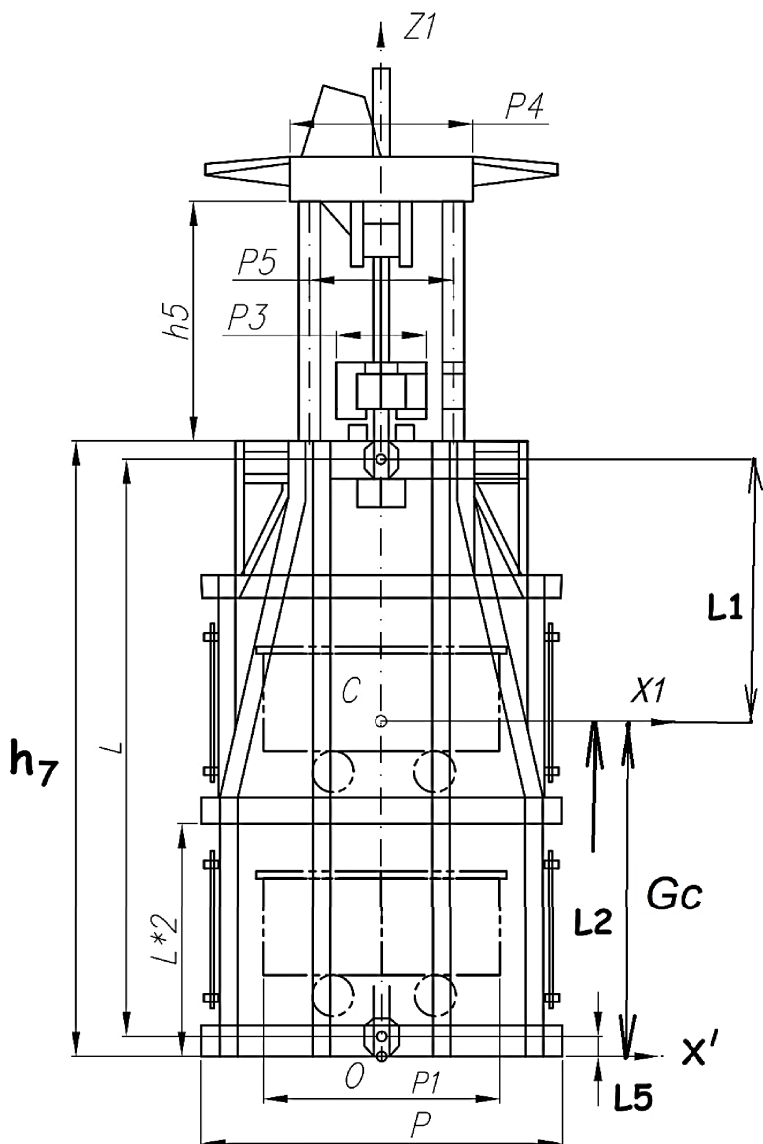
Таблица 5.2. Геометрични и инерционни характеристики на пълен скип с материал

V.4. Аналитично определяне на инерционните моменти на двуетажна клетка

Обект на изследването е двуетажната клетка показана на *фигура 5.7.*, която е съставена от следните елементи: 1 – вагонетка с товар на долния етаж; 2 – пода на долния етаж, 3 – ловител; 4 – гредата на окачващото устройство; 5 – твърда стойка на окачващото устройство; 6 – вагонетка с товар на горния етаж; 7 – под на горния етаж; 8 – металоконструкция

V.4.1. Изходни параметри на изчислителната схема за двуетажната клетка (*Фигура 5.7. и Фигура 5.8.*) [3]:

- маса на вагонетката с товара - $m_1 = m_6, [kg]$;
- маса на пода на единия етаж - $m_2 = m_7, [kg]$;
- маса на ловителя - $m_3, [kg]$;
- маса на гредата на окачващото устройство и крепежните елементи на прицепното устройство - $m_4, [kg]$;
- маса на стойките на окачващото устройство - $m_5, [kg]$;
- маса на металоконструкцията на клетката:
 $m_8 = m_{\text{празна.клетка}} - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_7), [kg]$;
- $m_{\text{празна.клетка}}$ – тегло на празната клетка, $[kg]$
- $L[m]$ – разстояние между горните и долните направляващи устройства;
- разстояние от основата на клетката до главата на релсата - $l_1^*, [m]$;
- разстояние от основата на клетката до средния пояс - $l_2^*, [m]$;
- разстояние от основата на средния пояс клетката до главата на релсата - $l_3, [m]$;
- разстояние от горния пояс до ловителя - $l_4, [m]$;
- разстояние от основата на клетката до направляващото устройство - $l_5, [m]$;
- височина на вагонетката - $h_1, [m]$;
- височина на долния пояс - $h_2, [m]$;
- височина на ловителя - $h_3, [m]$;
- височина на гредата на окачващото устройство - $h_4, [m]$;
- височина на стойката на окачващото устройство - $h_5, [m]$;



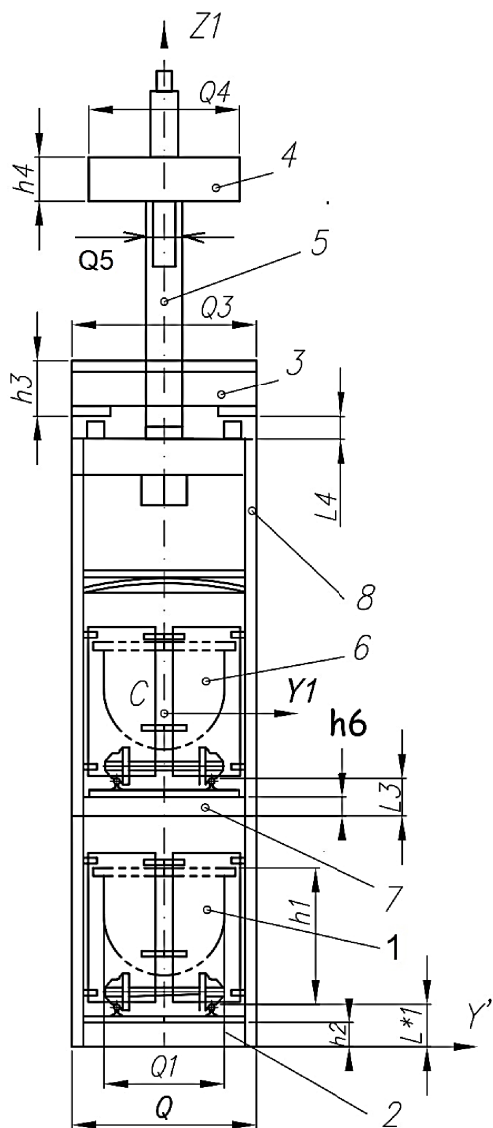
Фигура 5.7. Изчислителна схема за определяне на геометричните и инерционните характеристики на натоварена двуетажна клетка – страничен изглед

- височина на средния пояс - $h_6, [m]$;
- височина на клетката - $h_7, [m]$;
- дължина на клетката в план - $P, [m]$;
- широчина на клетката в план - $Q, [m]$;
- дължина на вагонетката - $P1, [m]$;
- широчина на вагонетката - $Q1, [m]$;
- габаритен размер на ловителя в надлъжно направление - $P_3, [m]$;
- габаритен размер на ловителя в направление перпендикулярно на надлъжната ос на клетката- $Q3, [m]$;
- габаритен размер на гредата на окачващото устройство - $P4, [m]$;
- габаритен размер на гредата на окачващото устройство в направление перпендикулярно на надлъжната ос на клетката - $Q4, [m]$;
- разстояние между осите на стойките на окачващото устройство в направление на надлъжната ос на клетката - $P5, [m]$;
- разстояние между осите на стойките на окачващото устройство в направление на перпендикулярно на надлъжната ос на клетката - $Q5, [m]$;
- маса на клетката с товара:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_7 + m_8, [kg];$$

V.4.2. Определяне произведението от масите на елементите на клетката по техните координати на центровете им на тежестта:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= m_1 \cdot (l_1^* + 0,57 \cdot h_1) \\ C_2 &= 0,5 \cdot m_2 \cdot h_2, \\ C_3 &= m_3 \cdot (h_7 + l_4 + 0,5 \cdot h_3) \\ C_4 &= m_4 \cdot (h_7 + h_5 + 0,5 \cdot h_4) \\ C_5 &= m_5 \cdot (h_7 + 0,5 \cdot h_5), \\ C_6 &= m_1 \cdot (l_2^* + l_3 + 0,57 \cdot h_1) \\ C_7 &= m_2 \cdot (l_2^* + 0,5 \cdot h_6), \\ C_8 &= 0,5 \cdot m_8 \cdot h_7, \end{aligned} \right] [kg \cdot m] \quad (5.7)$$



Фигура 5.8. Изчислителна схема за определяне на геометричните и инерционните характеристики на натоварена двуетажна клетка – челен изглед

V.4.3. Определяне на координатите на центъра на тежестта на натоварената клетка по вертикалната ос

$$G_c = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 + C_8}{m} \quad (5.8)$$

$$Където: l_2 = G_c - l_5, m;$$

$$l_1 = L - l_2, m;$$

– Разстояние по вертикалата от центъра на тежестта на натоварената клетка до центъра на тежестта на отделните елементи:

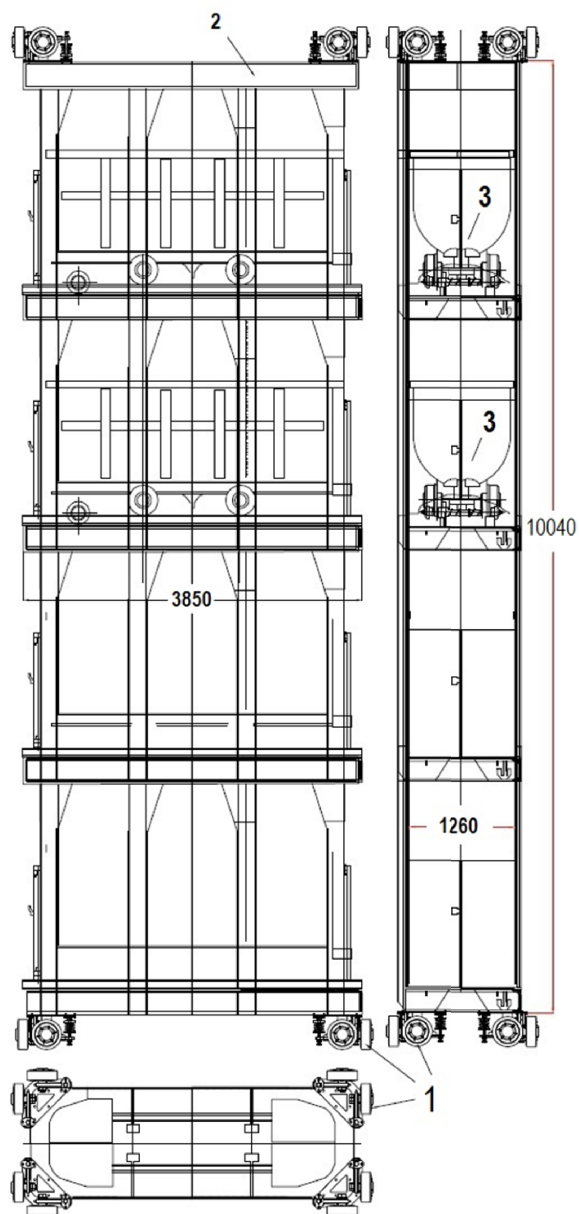
$$G_i = \left| \frac{C_i}{m_i} - G_c \right|, m \quad (i = 1, 2, \dots, 8);$$

V.4.4. Определяне на масовия инерционен момент на вагонетката разположена в долния етаж:

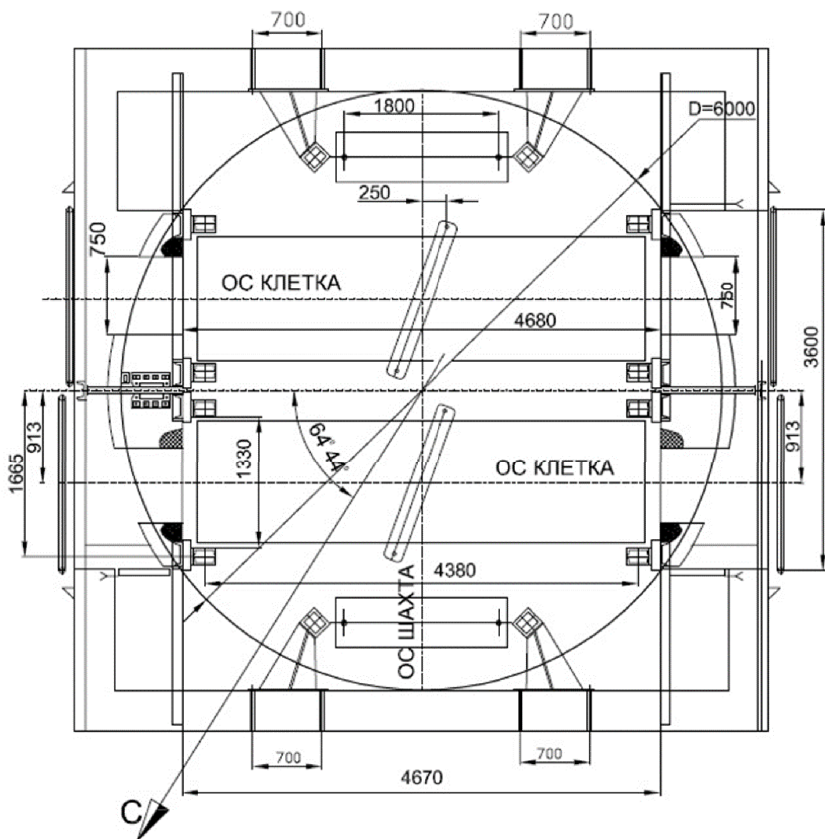
$$\left. \begin{aligned} I_{x1} &= m_1 \cdot (0,054 \cdot Q_1^2 + 0,059 \cdot h_1^2 + G_1^2) \\ I_{y1} &= m_1 \cdot (0,065 \cdot P_1'^2 + 0,07 \cdot h_1^2 + G_1^2) \\ I_{z1} &= 0,069 m_1 \cdot (Q_1'^2 + P_1'^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.9)$$

V.4.5. Определяне на масовия инерционен момент на пода на клетката на долния етаж:

$$\left. \begin{aligned} I_{x2} &= m_2 \cdot (0,083 \cdot (Q^2 + h_2^2) + G_2^2) \\ I_{y2} &= m_2 \cdot (0,083 \cdot (P'^2 + h_2^2) + G_2^2) \\ I_{z2} &= 0,083 \cdot m_2 \cdot (Q'^2 + P'^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.10)$$



Фигура 5.9. Схема на четириетажна клетка



Фигура 5.10. Схема на армировката и разположението на подземните клетки

V.4.6. Определяне на масовия инерционен момент на ловителя:

$$\left. \begin{aligned} I_{x3} &= m_3 \cdot (0,083 \cdot (Q_3^2 + h_3^2) + G_3^2) \\ I_{y3} &= m_3 \cdot (0,083 \cdot (P_3^2 + h_3^2) + G_3^2) \\ I_{z3} &= 0,083 \cdot m_3 \cdot (Q_3^2 + P_3^2) \end{aligned} \right\} , [kg \cdot m^2] \quad (5.8)$$

V.4.7. Определяне на масовия инерционен момент на гредата на окачващото устройство:

$$\left. \begin{aligned} I_{x4} &= m_4 \cdot (0,083 \cdot (Q_4^2 + P_4^2) + G_4^2) \\ I_{y4} &= m_4 \cdot (0,083 \cdot (P_4^2 + h_4^2) + G_4^2) \\ I_{z4} &= 0,083 \cdot m_4 \cdot (Q_4^2 + P_4^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.11)$$

V.4.8. Определяне на масовия инерционен момент на стойките на окачващото устройство:

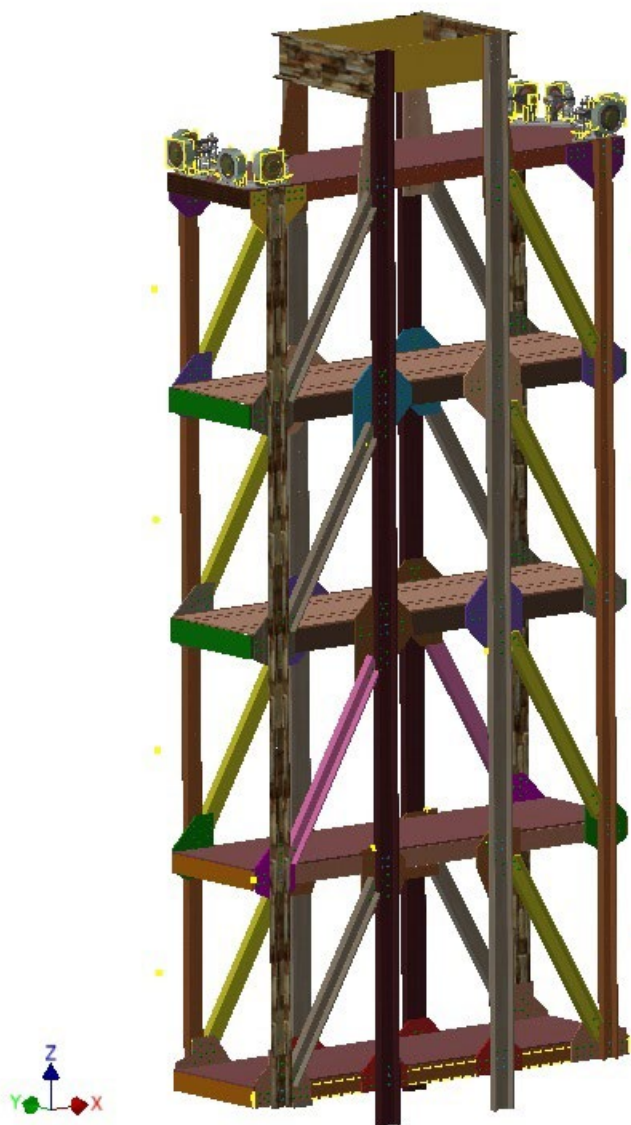
$$\left. \begin{aligned} I_{x5} &= m_5 \cdot (0,25 \cdot Q_5^2 + 0,083h_5^2 + G_5^2) \\ I_{y5} &= m_5 \cdot (0,25 \cdot P_5^2 + 0,083h_5^2 + G_5^2) \\ I_{z5} &= 0,25 \cdot m_5 \cdot (Q_5^2 + P_5^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.12)$$

V.4.9. Определяне на масовия инерционен момент на вагонетката разположена в горния етаж:

$$\left. \begin{aligned} I_{x6} &= m_1 \cdot (0,054 \cdot Q_1^2 + 0,059 \cdot h_1^2 + G_6^2) \\ I_{y6} &= m_1 \cdot (0,065 \cdot P_1^2 + 0,07 \cdot h_1^2 + G_6^2) \\ I_{z6} &= 0,069m_1 \cdot (Q_1^2 + P_1^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.13)$$

V.4.10. Определяне на масовия инерционен момент на пода на клетката на горния етаж:

$$\left. \begin{aligned} I_{x7} &= m_7 \cdot (0,083 \cdot (Q^2 + h_6^2) + G_7^2) \\ I_{y7} &= m_7 \cdot (0,083 \cdot (P^2 + h_6^2) + G_7^2) \\ I_{z7} &= 0,083 \cdot m_7 \cdot (Q^2 + P^2) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.14)$$



**Фигура 5.11. Компютърен 3 D модел на празна четириетажна клетка
за две вагонетки**

Assembly1.iam (LevelofDetail1) iProperties X

General Summary Project Status Custom Save **Physical**

Material

Update

Density Requested Accuracy Clipboard

General Properties

☐ Include Cosmetic Welds ☐ Include QTY Overrides

Center of Gravity*

Mass X

Area Y

Volume Z

Inertial Properties*

Mass Moments

Ixx Calculated using negative integral.

Ixy Iyy

Ixz Iyz Izz

*Values do not reflect user-overridden mass or volume

? Close Cancel Apply

Таблица 5.3. Геометрични и инерционни характеристики на празна четириетажна клетка за две вагонетки

V.4.11. Определяне на масовия инерционен момент на металоконструкцията на клетката:

$$\left. \begin{aligned} I_{x8} &= m_8 \cdot (0,083 \cdot (Q + h_7)^2 + G_8^2) \\ I_{y8} &= m_8 \cdot \left(\frac{P^2}{12} + \frac{(3 \cdot Q + h_7) \cdot h_7^2}{12 \cdot (Q + h_7)} + G_8^2 \right) \\ I_{z8} &= m_8 \cdot \left(\frac{P^2}{12} + \frac{(Q + 3 \cdot h_7) \cdot Q^2}{12 \cdot (Q + h_7)} \right) \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.15)$$

V.4.12. Определяне на масовите инерционни моменти на натоварена двуетажна клетка:

Спрямо относителна ос Ox1- I_x;

Спрямо относителна ос Oy1- I_y;

Спрямо относителна ос Oz1- I_z;

$$\left. \begin{aligned} I_x &= I_{x1} + I_{x2} + I_{x3} + I_{x4} + I_{x5} + I_{x6} + I_{x7} + I_{x8} \\ I_y &= I_{y1} + I_{y2} + I_{y3} + I_{y4} + I_{y5} + I_{y6} + I_{y7} + I_{y8} \\ I_z &= I_{z1} + I_{z2} + I_{z3} + I_{z4} + I_{z5} + I_{z6} + I_{z7} + I_{z8} \end{aligned} \right] , [kg \cdot m^2] \quad (5.16)$$

V.5. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на четириетажна клетка при празна клетка, при клетка с една вагонетка и клетка с две вагонетки

V.5.1. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на четириетажна клетка без вагонетки.

Обектът на изследване е разгледаната на *фигури.5.9. и 5.10.* руднична четириетажна клетка. На *фигура 5.10.* е показана схемата на армировката на клеткова шахта за въглища и разположението на подемните съдове.

Компютърния 3D модел, който е направен в среда на CAD - продукта *AutoDesk Inventor* на празната клетка е даден на *фигура 5.11.*, като параметрите с геометричните и инерционните характеристика са показани в *таблица 5.3.* На *фигура 5.12.* е представен направения 3D модел на руднична вагонетка с обем $2,8 \text{ m}^3$, като получената ѝ маса е 2614 kg . От *таблица 5.3.* с характеристиките на модела виждаме, че общата маса на празната клетка е $14\,611 \text{ kg}$. Изчислените компютърно глобални масови инерционни моменти (global mass moments of inertia) спрямо трите оси така зададени на *фигура 5.12.* са автоматично получени от софтуера на програмата.

V.5.1.1. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0x;

- $I_{xx} = 339\,789 \text{ kg.m}^2$

V.5.1.2. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0y;

- $I_{yy} = 424\,849 \text{ kg.m}^2$

V.5.1.3. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0z;

- $I_{zz} = 104\,357 \text{ kg.m}^2$;

V.5.2. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на четириетажна клетка с една вагонетка.

V.5.2.1. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0x;

- $I_{xx} = 345\,081 \text{ kg.m}^2$

V.5.2.2. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0y;

- $I_{yy} = 443\,491 \text{ kg.m}^2$

V.5.2.3. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0z;

- $I_{zz} = 120\,245 \text{ kg.m}^2$;

Получената маса на клетката с една вагонетка се изчислява на $17\,225 \text{ kg}$, като това е дадено в *таблица 5.4.* генерирана от компютърната програма. От същата таблица можем да извадим и масовите инерционни моменти спрямо трите оси.

V.5.3. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на четириетажна клетка с две вагонетки.

V.5.3.1. Определяне на масов инерционен момент спрямо ос 0x;

- $I_{xx} = 375\,420 \text{ kg.m}^2$

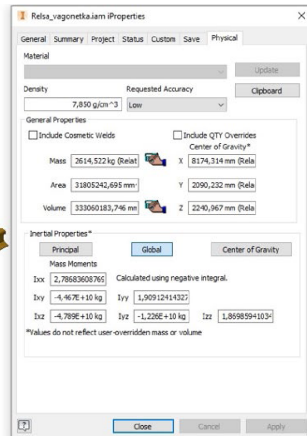
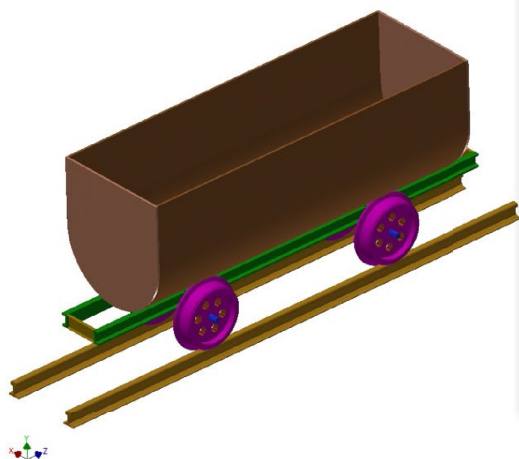
V.5.3.2. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0y;

- $I_{yy} = 487\,180 \text{ kg.m}^2$

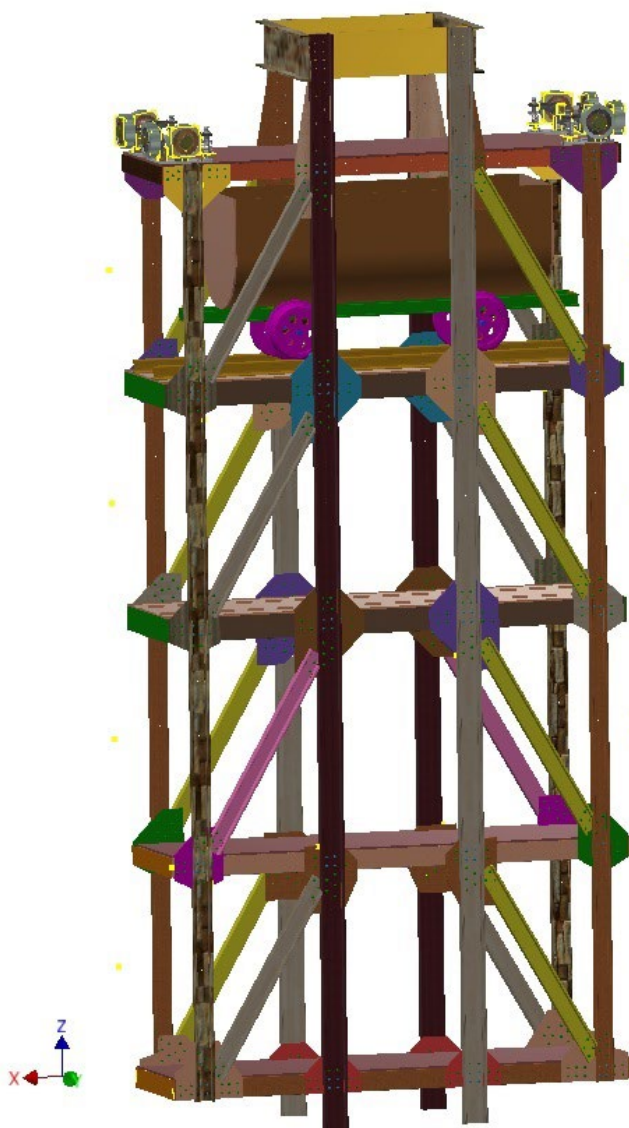
V.5.3.3. Определяне на инерционен момент спрямо ос 0z;

- $I_{zz} = 136\,132 \text{ kg.m}^2$;

Получената маса на компютърния модел на клетката (*фигура 5.14.*) с две вагонетки се определя на 19 840 kg, като тази информация се намира в *таблица 5.5*. От същата таблица може да извлечем и глобални масови инерционни моменти (global mass moments of inertia) спрямо трите оси.



Фигура 5.12. Компютърен 3 D модел на вагонетка



Фигура 5.13. Компютърен 3 D модел на празна четириетажна клетка с една вагонетка

Assembly1.iam (LevelofDetail1) iProperties [X]

General Summary Project Status Custom Save **Physical**

Material

[Material Selection] [Update]

Density: **7,677 g/cm³** Requested Accuracy: **Low** [Clipboard]

General Properties

☐ Include Cosmetic Welds ☐ Include QTY Overrides

Center of Gravity*

Mass	17225,863 kg (Rela	X	2164,867 mm (Rela
Area	242282428,072 mm	Y	600,409 mm (Relati
Volume	2,243882541444E-	Z	-3304,628 mm (Reli

Inertial Properties*

Principal **Global** **Center of Gravity**

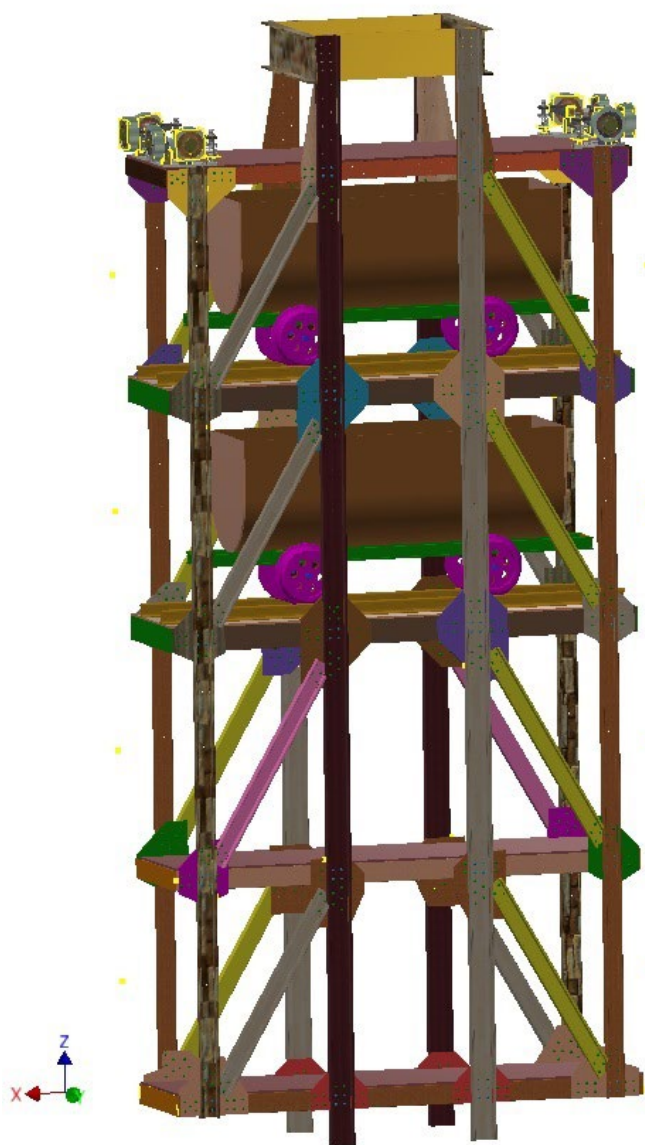
Mass Moments

Ixx	3,4508106599E	Calculated using negative integral.	
Ixy	-2,225E+10 kg	Iyy	4,4349156213⁴
Ixz	1,2366195231E	Iyz	3,41473186211
		Izz	1,2024518221E

*Values do not reflect user-overridden mass or volume

[?] [Close] [Cancel] [Apply]

Таблица 5.4. Геометрични и инерционни характеристики на четириетажна клетка с една вагонетка



Фигура 5.14. Компютърен 3 D модел на четириетажна клетка с две вагонетки

Assembly1.iam (LevelofDetail1) iProperties

General Summary Project Status Custom Save Physical

Material

Density 7,699 g/cm³ Requested Accuracy Low

Update Clipboard

General Properties

☐ Include Cosmetic Welds ☐ Include QTY Overrides

Center of Gravity*

Mass 19840,386 kg (Rela) X 2160,145 mm (Rela)

Area 274087670,767 mm² Y 600,912 mm (Rela)

Volume 2,576942725190E-03 m³ Z -3304,403 mm (Rela)

Inertial Properties*

Principal Global Center of Gravity

Mass Moments

Ixx 3,7542029479E+09 kg·m² Calculated using negative integral.

Ixy -2,561E+10 kg·m² Iyy 4,8718060790E+09 kg·m²

Ixz 1,4206349665E+10 kg·m² Iyz 3,9365325792E+09 kg·m² Izz 1,3613240507E+10 kg·m²

*Values do not reflect user-overridden mass or volume

Close Cancel Apply

Таблица 5.5. Геометрични и инерционни характеристики на четириетажна клетка с две вагонетки

V.6. Изводи към Глава V

1. Изследвани са приложените методики за аналитично определяне на геометричните и инерционните характеристики на руднични подземни съдове, а именно рудничен скип и руднична двуетажна клетка.

2. Разработени са компютърни методики за 3D изследване на руднични подземни съдове - рудничен скип и руднична четириетажна клетка с помощта на софтуерен CAD продукт и е направен анализ на геометричните и инерционните характеристики на конструкцията получени посредством приложения софтуер.

3. Направени са сравнения на двете методики – аналитичната и компютърната при изследването и определянето на геометричните и инерционните характеристики подземните съдове.

ГЛАВА VI

ПРЕДПРОЕКТНО ПРОУЧВАНЕ ЗА ШАХТОВ МНОГОВЪЖЕН ПОДЕМ НА ШАХТА „ВЪРБА-2“ ОТ НАХОДИЩЕ „ВЪРБА-БАТАНЦИ“

VI.1. Въведение

Вертикална шахта „Върба-2“ е прокарана през 80-те години на XX век и е закрепена със стоманобетон от кота 940 (на повърхността) до кота 175 (зумпфа). Шахтата не е оребрена.

При прокараването ѝ на хоризонт 290 е пресечен мраморен пласт с метасоматични орудявания. По данни от геоложкото проучване чрез сондиране са установени доказани и вероятни запаси от 184 000 t (олово, цинк, мед и сребро) с природна ценност от 120 000 000 \$.

Направено е разработване на варианти за подем на руда 200 000 t/год., подем на скална маса 60 000 t/год., използване на вагони ВНР 1,7(рудничен вагон с вместимост от 1,7 m³), скип с обем 2,0 m³; надшахтова кула на ниво 940; подземна камера за подема на хоризонт 740, плътност на рудата 3,5 t/m³; плътност на скала 2,5 t/m³.

Добивът на руда се осъществява чрез мобилна механизация – карети, челни товарачи и подземни камиони с товароносимост 20 t. Транспортът на руда до Рудоземската обогатителна фабрика е с вагони ВНР 1,7 и електровози по шолнята на хоризонт 740.

Цел на настоящото предпроектно проучване е разработването на варианти за шахтов подем на руда и скална маса чрез използването на: едноетажна клетка; скип; двуетажна клетка; скипклетка. [2]

Специално внимание се обръща при конструиране на необходимите изработки в рудничните дворове, осигуряващи процесите при товарене на рудата и скалната маса, както и подемот им.

VI.2. I-ви вариант – Подем с едноетажна клетка за вагони ВНР-1,7.

Конструкция на минните изработки

Предвижда се изграждане на надшахтова кула, сграда за подемната уредба и зала за управление на подема на кота 940 (на повърхността). Подемът се осъществява с едноетажна клетка за вагони ВНР-1,7 от хоризонт 290 до хоризонт 740(*фигура 6.1.*).

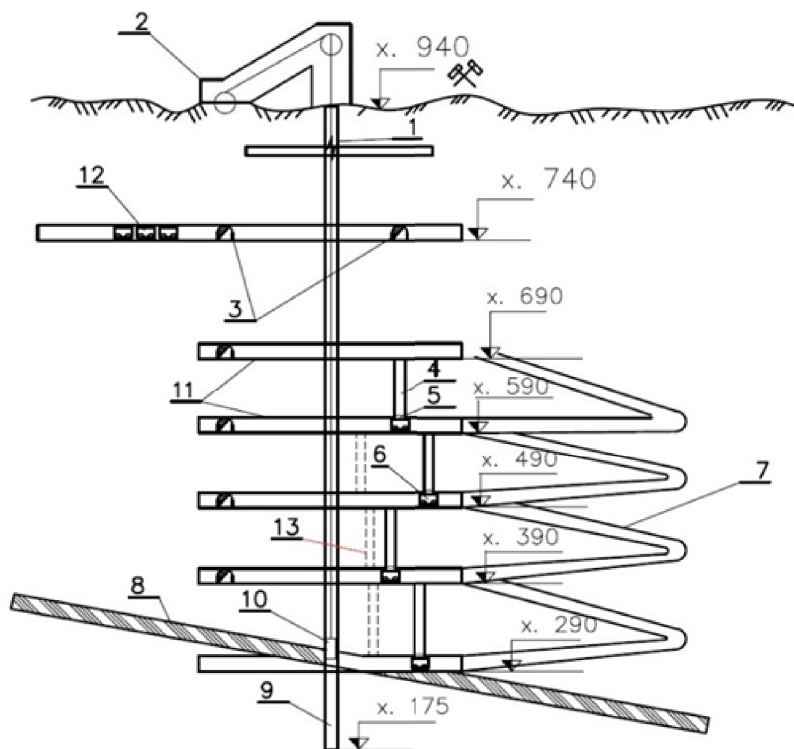
Етажните галерии се прокарват през 100 m (височина на етаж) от хоризонт 290, хоризонт 390, хоризонт 490, хоризонт 590 и хоризонт 690.

Добитата руда се транспортира по наклонени изработки с подземни автосамосвали 20 t до рудоспусъците, които са свързани с етажните галерии и имат височина от 100 m. В горната си част рудоспусъците са оборудвани с метални скари с отвори 400 x 400 mm и хидравлични чукове за раздробяване на негабарити. В долната си част рудоспусъците са оборудвани с вибролюкове с производителност от $150 \div 250 \text{ m}^3/\text{h}$ за товарене на рудата във вагони ВНР-1,7.

Времето за товарене с вибролюк във вагон е от $2,50 \text{ m}^3/\text{min}$ до $4,17 \text{ m}^3/\text{min}$.

Между хоризонтите 290, 390, 490, 590, 550 се прокарват скалоспусъци за акумулиране и товарене на скална маса, оборудвани както рудоспусъците. Рудоспусъците и скалоспусъците се прокарват чрез Рейсбор технология с диаметър 2,0 m – колкото е широчината на коша на подземен камион с товароподемност 20 t. Възможно е разделяне на товаропотоците- руда и скална маса.

На *фигура 6.1.* е дадена схема на Шахта „Върба - 2“ с едноетажна клетка за ВНР – 1,7. На схемата са изобразени конструктивни елементи със следните позиции: 1 – вертикална шахта; 2 – подемна уредба; 3 - рудничен двор; 4 - рудоспусък; 5 – вибролюк; 6 – вагон; 7 – наклонена изработка за 20 t подземен камион; 8 – мраморен пласт; 9 – зумпф; 10 – клетка за ВНР – 1,7; 11 – етажни галерии; 12 – транспорт с тролеи и 13 – скалоспусък.



Фигура 6.1.

VI.3. II-ри вариант – Подем със скип с вместимост 2 m³. Конструкция на минните изработки

При този вариант се предвижда изграждане на надшахтова кула, естакада, сграда за подемната машина и зала за управление на ниво 940. За подем на рудата и скалната маса ще се използва скип с обем 2 m³ (фигура 6.2.).

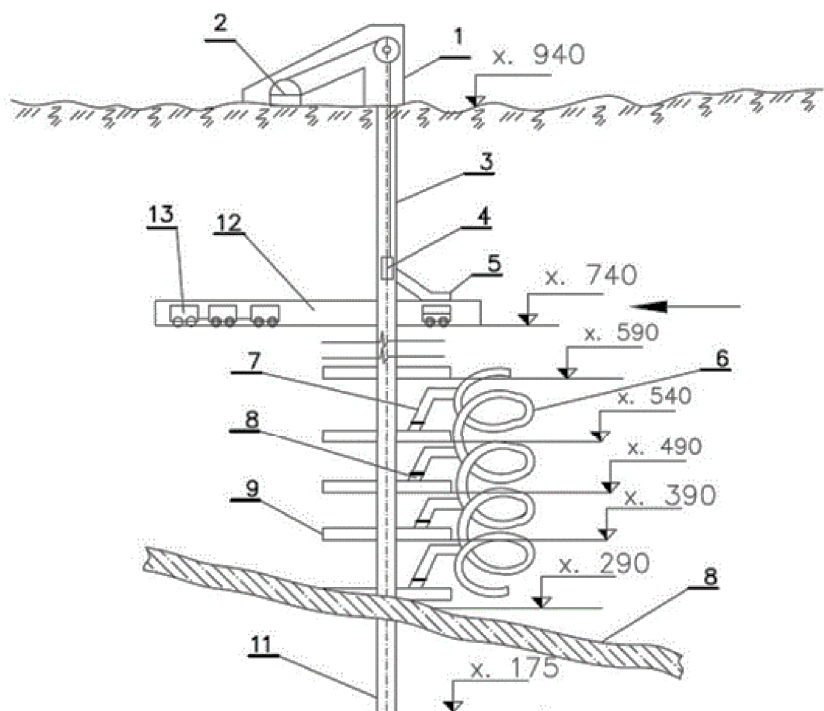
Добитата руда се транспортира до бункери, разположени на хоризонти 390, 490, 590 с подземни автосамосвали с товароподемност 20 t.

В долната част на бункерите са монтирани дозаторни устройства с обем или тегло, отговарящо на вместимостта на скипа. Товаренето на скипа е циклично.

Бункерите с височина около 100 m се прокарват чрез Рейсбор технология. Дозаторите са автоматизирани за полезен товар или за ниво на напълване на скипа.

Разтоварването на рудата се извършва на ниво 790 в рудопусък, оборудван с вибролюк. От него рудата се товари във вагони ВНР-1,7 и с помощта на тролеи се извозва до Рудоземска обогатителна фабрика по хоризонт 740.

На *фигура 6.2.* е показана схема на Шахта „Върба - 2“ – с вертикален подем със скип – 2 m². На схемата имаме следните позиции: 1 – надшахтова кула; 2 – подемна уредба; 3 - вертикална шахта; 4 - скип; 5 – вибролюк; 6 – наклонена изработка; 7 - бункер; 8 – дозатор; 9 – етажна галерия; 10 – мраморен пласт; 11 – зумпф; 12 – шолня хор. 740 и 13 – транспорт с тролей.



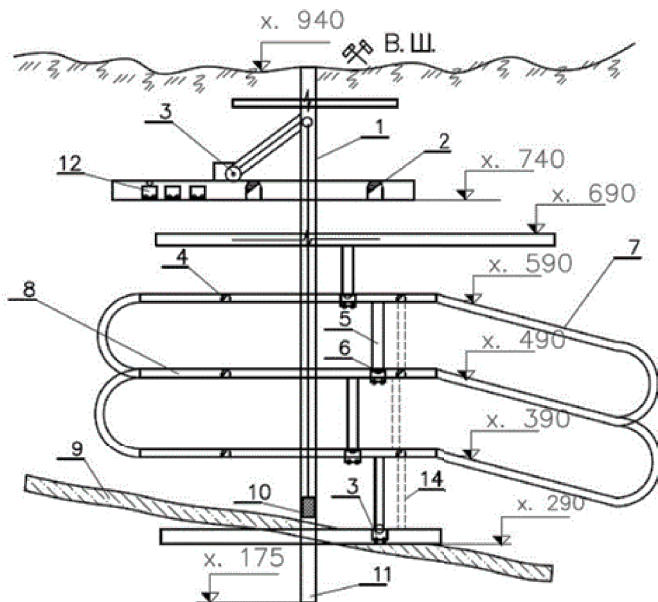
Фигура 6.2.

VI.4. III-ти вариант – Подем с двуетажна клетка за вагони ВНР-1,7. Конструкция на минните изработки

При варианта за използване на двуетажна клетка за вагони ВНР-1,7 се предвижда изграждане на подземни изработки за подемната уредба, зала за управление на подема и наклонена изработка за подемните въжета. Етажните галерии се прокарват през 100 m от хоризонти 290; 390; 590; 690 и са свързани с наклонените изработки за движение на подземните автосамосвали, като сеченията им са 14 m^3 , за среден клас техника.

Рудоспусъците и скалоспусъците се прокарват чрез Рейсбор технология с диаметър 2 m, като в долната им част се монтират вибролюкове за товарене във вагони ВНР-1,7(фигура 6.3.).

Подемът от отделните хоризонти до хоризонт 740 може да се осъществява чрез разделянето на товаропотоците – на руда и на скала[2]. Предимството на този вариант е увеличената производителност на подема и 200 m по-малка дължина на подемните въжета.



Фигура 6.3.

На *фигура 6.3.* е дадена схема на Шахта „Върба - 2“ – с вертикален извоз с двуетажна клетка за ВНР – 1,7. На схемата позициите са: 1 – вертикална шахта; 2 – рудничен двор х. 740; 3 - подемна уредба; 4 - рудничен двор хор. 590,490,390 и 290; 5 – рудоспуск; 6 – вибролюк; 7 – наклонена изработка; 8 – етажна галерия; 9 – мраморен пласт; 10 – двуетажна клетка; 11 – зумпф; 12 – транспорт с тролей; 13- вагон и 14 – скалоспуск.

VI.5. IV-ти вариант – Подем със скипклетка. Конструкция на минните изработки

При този вариант се използва предимството на подем със скип 2 m³ и клетка за вагон ВНР-1,7.

За целта се прокарават рудоспусъци и скалоспусъци за товарене на руда и скална маса във вагони.

Достъпът до тях се осъществява чрез наклонени изработки и етажни галерии на хоризонти 290; 390 и 490(*фигура 6.4.*).

В горната си част рудоспусъците и скалоспусъците са оборудвани с метални скари и хидравлични бутобои за разтрошаване на негабаритни късове. Металните скари са с отвори 40 x 40 cm.

Прокараването на вертикалните изработки се осъществява чрез Рейсбор технология. Те служат както за акумулиране на руда, така и за осредняване (шихтоване) на рудната маса.

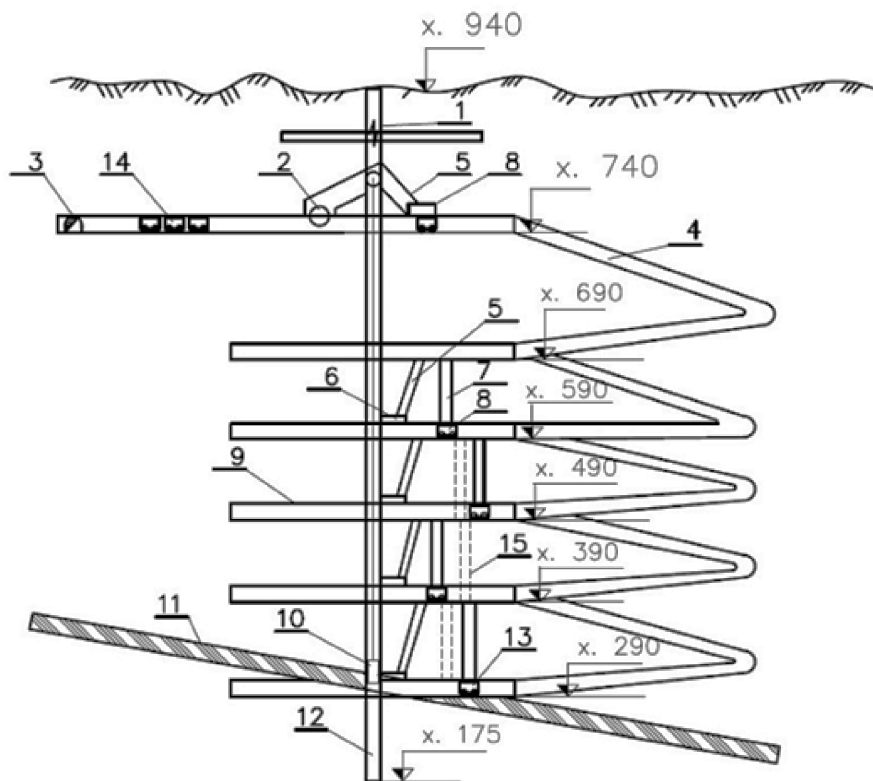
Товаренето във вагони ВНР-1,7 се изпълнява от вибролюковете (за руда и за скала). Използването на скип 2 m³ за подем на руда изисква дозирано товарене от бункер, който в долната си част е оборудван с дозатор, имащ обем също от 2 m³.

Подемът от хоризонти 290; 390 и 490 се финализира на хоризонт 740, където се пренасочват вагоните, а скипът се разтоварва дънно в бункер.

Вариантът позволява разделяне на товаропотоците от руда и скална маса в съотношение 3:1 в полза на рудния поток.

При този вариант се предлага разполагане на подемната машина, залата за управление и наклонената изработка за въжетата за подема да бъде

на ниво 740. Това спестява 200 m подемно въже и по-кратко време за подема със скипоклетка.



Фигура 6.4.

На *фигура 6.4.* е дадена схема на Шахта „Върба - 2“ – с вертикален извоз със скипоклетка. На схемата са изобразени конструктивни елементи със следните позиции: 1 – вертикална шахта; 2 – подемна машина; 3 – щолна х. 740; 4 – наклонена изработка; 5 – бункер; 6 – дозатор; 7 – рудоспуск; 8 – вибролюк; 9 – етажна галерия; 10 – скипоклетка; 11 – мрамори; 12 – зумпф; 13- вагон; 14 – извоз с тролей и 15 – скалоспуск.

Определяне на броя курсове и времето за 1 цикъл при $t_{\text{см.}} \cdot 6 \text{ h}$

а) Брой курсове при подем на руда за 1 смяна със скипоклетка и 1 вагон ВНР-1,7 и скип с обем 2 m^3

$$N_{\text{см.р.}} = A_{\text{см.р.}} \times \frac{K_{\text{р.}}}{V_{\text{р.}}} = 73,3 \times \frac{1,7}{3,7} = 33,7 \text{ курса}$$

б) Брой курсове при подем на скална маса

$$N_{\text{см.ск.м.}} = A_{\text{см.ск.м.}} \times \frac{K_{\text{р.}}}{V_{\text{р.}}} = 31 \times \frac{1,7}{3,7} = 14,2 \text{ курса}$$

в) Време за 1 цикъл – скипоклетка и $t_{\text{см.}} \cdot 6 \text{ h}$

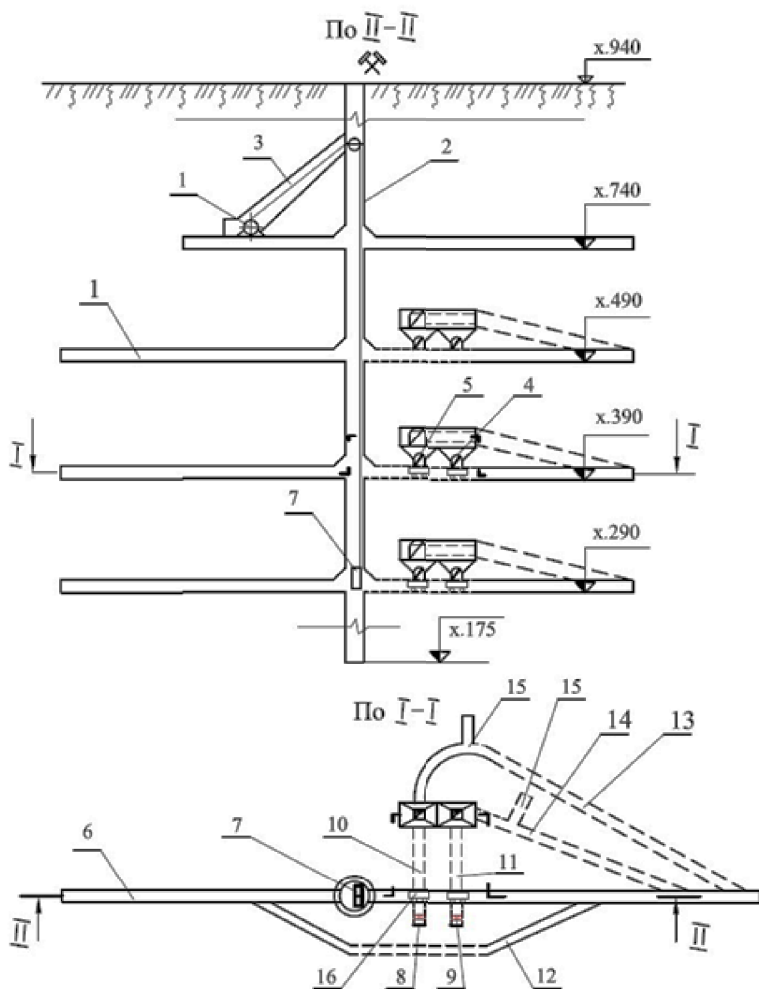
$$T = \frac{t_{\text{см.}}}{N_{\text{см.р.}} + N_{\text{см.ск.м.}}} = \frac{6 \text{ h} \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ sec}}{33,7 + 14,2} = \frac{21\,600 \text{ sec}}{47,9 \text{ курса}} = 451 \text{ sec} = 7,52 \text{ min} = 7 \text{ min и } 31 \text{ sec}$$

В таблица 6.1. са посочени различните видове подем за руда и скална маса за едноетажна клетка с вагон ВНР-1,7 (No 1); скип с обем 2 m^3 (No 2); двуетажна клетка с вагони ВНР-1,7 (No 3) и скипоклетка с вагон ВНР-1,7 и скип 2 m^3 (No 4). [2]

N о	Обем вагон, скип, скипо- клетка	Коефициент на разбухване	Сменна производител ност руда скала, $\text{m}^3/\text{см.}$	Брой курсове руда и скала за смяна	Време за 1 курс
1.	1,7	1,7	104,3	104,3	3 min и 27 sec
2.	2,0	1,7	104,3	88,6	4 min и 4 sec
3.	3,4	1,7	104,3	52,1	6 min и 55 sec
4.	3,7	1,7	104,3	47,9	7 min и 31 sec

Таблица 6.1.

VI.6. V-ти вариант – Подем с двуетажна клетка за вагони ВНР-1,7
Конструкция на минните изработки

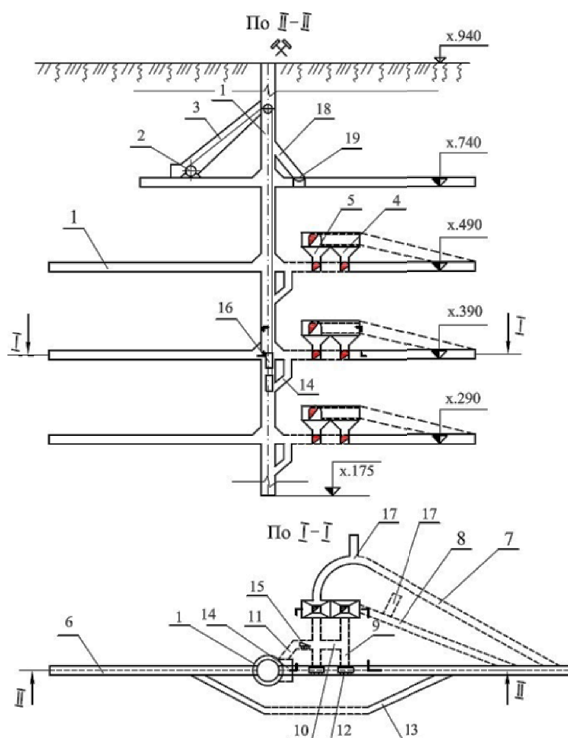


Фигура 6.5.

На фигура 6.5. е дадена схема на Шахта „Върба - 2“ – с двуетажна клетка за ВНР – 1,7 и скреперно товарене от траншея. На схемата имаме

следните позиции: 1 – подемна машина; 2 – вертикална шахта; 3 – наклонена изработка; 4 – бункер за руда; 5 – бункер за скална маса; 6 – етажна галерия; 7 – двуетажна клетка; 8 – скреперна ниша; 9 – скреперна лебедка; 10 – траншея за руда; 11 – траншея за скална маса; 12 – обходна галерия; 13 – подход за бункера за руда(наклонка); 14 – подход за бункер за скална маса; 15 – разсечки за маневриране и 16. Вагон ВНР -1,7.

VI.7. VI-ти вариант – Подем със скипоклетка за вагони ВНР-1,7 и скип с обем 2 m³. Конструкция на минните изработки



Фигура 6.6.

На фигура 6.6. е дадена схема на Шахта „Върба - 2“ – за шахтов подем със скипоклетка и челен товарач. На схемата имаме конструктивни елементи със следните позиции: 1 – вертикална шахта; 2 – камера за

подемна уредба; 3 – наклонена изработка; 4 – бункер за скална маса; 5 – бункер за руда; 6 – етажна галерия; 7 – подход за бункер за руда; 8 – подход за бункер за скална маса; 9 – разсечка за товарене; 10 – разсечка за маневра; 11 – подход за дозатор за скип; 12 – вагон ВНР- 1, 7; 13- обходна галерия; 14 – дозатор за скип; 15 – челен товарач; 16. - скипоклетка; 17 – разсечка за маневриране; 18 – бункер за руда и вибролюк.

Характерното за този вариант е използването на комбиниран подем - с клетка за вагони ВНР-1,7 и скип с обем 2 m^3 , обединени в скипоклетка. [2].

Добитата от забоите руда и скална маса се транспортиран с подземни камиони ТН-320 до акумулиращите бункери по наклонени изработки със средно сечение 14 m^2 , като за разтоварването е необходимо да се осигури височина на камерата от 4,70 m.

От бункерите за руда и скална маса товаренето се извършва от челен товарач ЛН-201 с мощност 59 h.p. и стандарт за твърди прахови частици и отделяне на СО – Евро III. Това изисква съобразяване на местната вентилация с посочения евро стандарт.

Рудата се доставя до вагони ВНР-1,7 от бункера по разсечка за товарене и до дозатора по специален подход.

Между разсечките за товарене на руда и скална маса се прокарва разсечка за маневриране на челния товарач. Сечението на тези минни изработки е $6,70 \text{ m}^2$.

За маневриране на вагоните (пълнен – празен) се прокарва обходна галерия, заобикаляща шахтата и свързваща етажните галерии. Схемата за движение на вагоните е от совалков тип.

При VI-ти вариант се предвижда подземно разполагане на подемната уредба и залата за управление на подема на хоризонт 740. От това ниво се прокарва наклонена изработка със сечение 6 m^2 за разполагане на подемните въжета.

За разтоварване на скипа се изгражда бункер с обем 10 m^3 на ниво 750, като в долната му част се монтира вибролюк за товарене на рудата във вагони ВНР-1,7.

Подземният транспорт се осъществява с тролеи по хоризонт 740 до Рудоземска обогатителна фабрика.

VI.8. Изводи към Глава VI

Представените шест варианта целят приемане на иновативно решение за експлоатация на шахта „Върба – 2“ и в частност ефективен подъем.

От така представените варианти най - удачно е да се избере VI-ти вариант, който осигурява следните предимства:

- Ефективно разделяне на потоците от руда и скална маса;*
- Комбинирано товарене на руда във вагони ВНР-1,7 и в скипа с обем 2,0 m³;*
- Осигуряване на акумулиращи обеми от руда и скална маса в бункерите (намаляване цикличността при товарене).*
- Използване на челен товарач LH-201 с обем на коша 0,5 m³, осигуряващ по-добра автономност и производителност спрямо скреперите;*
- По-висока производителност на шахтовия подъем (3,7 m³ за цикъл) и осигуряване на втори механизирани изходи за миньорите.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографията са обобщени и представени основните решения определяне на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднични подземни уредби с триещ орган на навиване на въжето. Предложена е методика за определяне на условията за приплъзване на подземното въже при руднична подземна уредба с триеща шайба. Анализирана е методика за избор и изчисляване на твърди окачващи устройства за многовъжени ПУ. Създадени са 3D модели на рудничен скип и четириетажна клетка, като е приложена оригинална компютърна методика, посредством която могат да се реализират компютърни симулационни изследвания.

ПРИНОСИ ПО МОНОГРАФИЯТА:

НАУЧНО- ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- 1. Аналитично е уточнена и изследвана методика за определянето на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднични подземни уредби с триещ орган на навиване на въжето .*
- 2. Аналитично е уточнена и изследвана методика за определяне на условията за приплъзване на подземното въже при руднична подземна уредба с триеща шайба.*
- 3. Аналитично е уточнена и изследвана методика за избор и изчисляване на твърди окачващи устройства за многовъжени подземни уредби.*

ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- 1. Създадена е оригинална компютърна методика за 3D изследване на рудничен скип и четириетажна клетка с помощта на софтуерен CAD продукт, посредством които могат да се реализират и компютърни симулации.*
- 2. Разработено е иновативно решение за експлоатация на многовъжесна подземна уредба на шахта „Върба – 2“ със съответните схеми на работа. Представените решения са 6 варианти за получаване на ефективен подем на шахтата.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Р. „Надеждност на руднични подъемни уредби с отчитане на техническото обслужване“, БУЛКАМК'22, София, 2022, ISSN 1314-4537.
2. Анастасов Д., Илиев Ж., „Предпроектно проучване за шахтов подъем на шахта „Върба-2“ от находище „Върба-Батанци““ Девета национална научно-техническа конференция с международно участие“, Девин, 2024г., ISSN 1314-7056.
3. Баклашов, И. В. Расчет, конструирование и монтаж армировки стволов шахт, М., Недра, 1973-248с.
4. Баклашов, И. В., В. Ковачев, Т. Глабаданидис. Определяне коефициентите на съчетание на челните и страничните натоварвания на армировката при изчисляване напреженията във водачите и носачите. Год. на ВМГИ, 1981-82г
5. Братченко, Б.Ф. Стационарные установки шахт. Под общей ред. Б.Ф. Братченко. М. Недра, 197755.
6. Ветров, А. П., В. И. Дворников Определение области резонансных режимов работы динамической системы „сосуд-армировка“, Изв. ВУЗ „Горн. Журнал“, 1967, № 9, с. 90-94.
7. Гаркуша, Н. Г., В. И. Дворников Об устойчивости движения шахтных подъемных сосудов // Вопросы горной механики. –М., 1967. – Вып. 17. – С.156-168.
8. Гаркуша, Н. Г., В. И. Дворников К методике расчета жесткой армировки вертикальных стволов // Шахтное строительство. – 1969. - № 2. – С. 6-9. С.6-9.
9. Гаркуша, Н. Г., А.П. Ветров, В. И. Дворников К обоснованию запасов устойчивости движения шахтного подъемного сосуда, сб. „Проектирование и строительство угольных предприятий“, Недра 1968, N7
10. Гаркуша, Н. Г., В. И. Дворников К Рациональному выбору параметров подъемных сосудов и жестких армировок вертикальных стволов, Шахтное строительство, 1968г., N 1
11. Гаркуша, Н. Г., В. И. Дворников, Я.В. Чирков Некоторые вопросы взаимодействия шахтного подъемного сосуда, оборудованного упругими

направляющими устройствами с проводниками жесткой армировки. Сб., „Горная электромеханика и автоматика“, „Вища школа“

12. Глабаданидис, Т.П. Теория на динамическите процеси в системата „Подемен съд – шахтна армировка“. Том XXV, Год. на ВМГИ, 1978-79г

13. Глабаданидис, Т.П. Аналитични изследвания техническите показатели на двуклеткова подемна уредба при замяна на едната клетка със скип. Год. на Год. на ВМГИ, 1981-82г.

14. Глабаданидис, Т.П. „Изследване динамическата устойчивост на системата „подемен съд-армировка“ и деформационно-напрегнато състояние за армировката за определяне рационална скорост на руднични подемни уредби“ Дисертация, ВМГИ, 1980г.

15. Глабаданидис Т. „Избиране на рационален полезен товар за скипова подемна уредба“. Годишник на МГУ - София, том XXXVI. 1989г.

16. Грядущий Б. А., В. И. Дворников, Е. Р. Кърцелин „Спосіб роботи резонансної шахтної підйомної установки“, „Опис до патенту на винахід“, „Україна“, UA 74621, 2006г.

17. Димашко А.Д. и др. „Справочник шахтніе електрические лебедки и подъемные машины“, Москва 1973г.

18. Зъбчев А., Р. Александров, И. Проданов, „Анализ на енергийната ефективност при преустройство на електрозадвижването на подемна машина., БУЛКАМК’14, София, 2014, ISSN 1314-4537“

19. Илиев Ж. „Изследване режима на работа и обосноваване на рационални параметри на ролкови направляващи устройства на подемни съдове за руднични клеткови подемни уредби“, Дисертация за ОНС „Доктор“, МГУ „Св. Иван Рилски“, 2015.

20. Илиев Ж. „Относно определяне на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднична подемна уредба с триеща шайба“, Шеста национална научно-техническа конференция с международно участие“, Девин, 2018г., ISSN 1314-7056.

21. Илиев Ж. „Избор и изчисляване на твърди окачващи устройства за многовъжени подемни уредби“, Девета национална научно-техническа конференция с международно участие“, Девин, 2024г., ISSN 1314-7056.

22. Илиев Ж. „Спирачни устройства за руднични подедни уредби“, Осма национална научно-техническа конференция с международно участие“, Девин, 2022г. ISSN 1314-7056.
23. Илиев Ж. „Компютърно моделиране и определяне на инерционните характеристики на подемен съд за руднична скипова уредба“, Десета национална научно-техническа конференция с международно участие“, Девин, 2026г. ISSN 1314-7056.(под печат)
24. Йорданов, К. М. Кинематични зависимости между едноскипова и двускипова подедна уредба при еднакви височини, производителност и товароподеднаост. Год. на ВМГИ, 1981-82г
25. Йорданов, К. М. Кинематична зависимость при увеличаване скоростта на руднична подедна уредба с клетка и контраклетка. Сп. Рудодобив и металургия, бр. 8 и 9, 1978г.
26. Йорданов, К. М. Определяне на механичните параметри на едносъдова многовъжена подедна уредба в сравнение с параметрите на еквивалентната по прозводительност двусъдова уредба. , Сп. Въглицца 1978г. Кн. 5-6.
27. Йорданов, К.М. Изследване на някои работни режими на лява скипова подедна уредба на рудник „Бобов дол - Обиденен“, Год на ВМГИ, 1983г.
28. Йорданов, К.М. По някои основни проблеми на подедните уредби на дълбоки въглицни рудници” – Хабилитационен труд. ВМГИ, 1985г.
29. Йочев. И. Щ. „Изследване на състоянието и избор на решение за модернизация на рудничните подедни уредби в мини „Горубсо“. Дисертация за ОНС „Доктор“, МГУ “Св. Иван Рилски“,2002.
30. Йочев И.Щ., А. Янева Изпитване на работоспособността на спирачната система на руднична подедна уредба. Год. на МГУ „Св. Иван Рилски“, том 47, 2004г.
31. Йочев, И.Щ. Особенности при експлоатацията и възможност за прогнозиране на остатъчни срок на работа на подедни въжета при

- провеждане на безразрушителен контрол на техническото им състояние. Год. на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 49, 2006г.
32. Йочев, И.Щ., А. Янева Някои проблеми при подем с триеща шайба и едностранно водене на основния подемен съд при експлоатация на руднична подемна уредба на шахта „Голям Палас – Север”, рудник „Димов дол”, Год. на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 49, 2006г.
33. Йочев, И.Щ. Някои въпроси свързани с работата на многовъжените подеumni уредби. Сп. Минно дело и геология, 2002г.
34. Йочев, И.Щ. Характерни повреди и откази на редукторите на подеumni уредби. Год. на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 47, 2004г.
35. Йочев, И.Щ., Е. Р. Кърцелин Определяне на техническото състояние на някои основни елементи от рудничната подемна уредба . Год. на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 46, 2003г.
36. Калиш С, „Машинист шахтної подемної машини“, София, 1962г.
37. Кърцелин, Е. Р. Математически модели на руднични подеumni уредби. Монография, С. Изд. Къща”Св. Иван Рилски”, 2010г.
- 38 Кърцелин, Е.Р.,„Възможности за повишаване безопасна работа на рудничните подеumni уредби с максимално използване на системите за елкторзадвижване и управление” Дисертация (1988г). ВМГИ
39. Кърцелин Е. Р. Топалов Ст., Александров Р., Радлов К., Минеков Н. Йочев И. „!47 години история , теория и практика за използване на рудничните подеumni уредби система „Къопе“. БУЛКАМК’24, София, 2024, ISSN 1314-4537“
40. Кърцелин Е. Р. Саравски Н., Александров Р., Радлов К. Йочев „Резултати от измерване на временни параметри на спирачните ситеми на руднични подеми уредби в експлоатация“, БУЛКАМК’24, София, 2024, ISSN 1314-4537“
41. Кърцелин Е. Р., Иванов К., Александров Р.,Минеков Н. „За необходимостта от модернизиране на системата за пускане и управление на

мощни синхронни двигатели в експлоатация“, БУЛКАМК’20, София, 2020, ISSN 1314-4537“

42. Ковачев В. Руднични подедни уредби, София, 1990г.

43. Ковачев В.Д. Димов, „Руднични стационарни уредби“, София, 1976г.

44. Петухов А. „Горная механика“, Москва, 1965г.

45. Федорова З.М. „Сборник примеров и задач по рудничным подъемным установкам“, Госгориздат, 1961г.

46. Янева, А.И. „Изследване и усъвършенстване на методите и средствата за окачване и смяна на въжетата на многовъжените подедни уредби“, МГУ „Св. Иван Рилски“. Дисертация, 1992г.

47. Янакиев, К. „Електрозадвигане и управление на руднични подедни уредби чрез импулсен тиристорен комутатор в ротора на подедни асинхронен електродвигател“. Дисертация , ВМГИ, 1978.

48. Andrzej Tytko , Grzegorz Olszyna, Tomasz Rokita and Krzysztof Skrzypkowski “Strength Tests of Selected Ropes Used in Mining Shaft Hoists After Their Replacement in Stochastic Interpretation”, <https://doi.org/10.3390/ma18174217>

49 Bajraktari, B., Terziqi A., Mulliqi I., Alin M., Test analysis with ultrasound of welded unions at construction of the cage blind shaft in the Trepca mine. 15-th International research Ezpert conference “Trends in the development of machinery and associated Technology”.TMT 2011, Prague, Czech Republic.

50. Chi Ma , Jiannan Yao, Xinming Xiao, “Fault diagnosis of head sheaves based on vibration measurement and data mining method”, Advances in Mechanical Engineering, 2020, Vol. 12(7) 1–8, <https://doi.org/10.1177/1687814020941331>

51. Fu, J., "Optimizations of the internal structure of the reel of a double rope winder", MATEC Web of Conferences, vol. 382, 01014. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202338201014>, (2023).

52. Iliev Zh. “Determining the conditions for hoist rope slip in a mining winder with a friction sheave”, Seventh National Scientific Conference with International Participation – Technologies and Practices in Underground mining and mine Constructions”, Devin, 2020.

53. Ilin S., Adorska L., Ilina I., “Risk-forming dynamic processes in the components of mine multi-rope hoisting installations operating from great depths”, ISSN 3083-628X (Online) Geo-Technical Mechanics. 2025.
54. Ilin S., Adorska L., Ilina I., “Diagnostics of mine hoisting systems in shafts with multi-rope hoisting installations”, VII International Conference “Essays on Mining Science and Practice” (RMGET 2025).
55. Kartcelin, E. R., Dvornikov V.I., Iochev I., Resonance Hoist. The international scientific and technical conference. Petroshani, Romania, 19, 20. 10. 2000.
56. Ma, C. and Xiao, X. (2013), "Kinetic analysis of a multi-rope friction mine hoist under overload conditions", Journal of Vibration Engineering,
57. Tengyu Li, Ziming Kou, Juan Wu, “Multipoint Optimal Minimum Entropy Deconvolution Adjusted for Automatic Fault Diagnosis of Hoist Bearing”. <https://doi.org/10.1155/2021/6614633>
58. Tonkova G., “Experimental Determination of the Principal Stresses at a Point of a Beam Loaded Simultaneously in Bending and Torsion”, Proceedings of the Technical University of Sofia, issn: 2738-8549, 2738-8530 vol. 75, no. 1, year 2025
59. Tytko, A.; Olszyna, G.; Kocór, G.; Szot, M. “Some Stochastic Aspects of Safety Work of Steel Wire Ropes Used in Mining-Shaft Hoists”. Sustainability 2023, 15, 7590. <https://doi.org/10.3390/su15097590>
60. Shi, Q., Wang, D., Zeng, X., Guo, Y., Wang, H., Xu, Z., Deng, Q., Zhong, H., Wang, B. and Li, C. (2024) "Research on the design of multi-rope friction hoisting system of vertical shaft gravity energy storage system", Appl. Sci., vol. 14, issue 16, 7556. <https://doi.org/10.3390/app14177556>
61. Yansong Ma, Xingming Xiao, “Dynamic analyses of hoisting ropes in a multi-rope friction mine hoist and determination of proper hoisting parameters”, DOI <http://dx.doi.org/10.21595/jve.2016.16890>

Съдържание

ГЛАВА I	4
ПОДЕМНИ УРЕДБИ С ТРИЕЩ ОРГАН НА НАВИВАНЕ	4
I.1. Основни положения при работа на подземни уредби с триещ орган на навиване	4
I.2. Видове подземни уредби с триещ орган на навиване	6
I.3. Спирачни устройства за руднични подземни уредби с многовъжени триещи шайби.	12
ГЛАВА II	20
АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЪГЪЛА НА ОБХВАТ НА ВЪЖЕТО ОКОЛО ОТКЛОНЯВАЩА ШАЙБА И АНАЛИТИЧНО ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УСЛОВИЯТА ЗА ПРИПЛЪЗВАНЕ НА ПОДЕМНОТО ВЪЖЕ.....	20
II. 1. Относно определянето на ъгъла на обхват на въжето около отклоняваща шайба при руднични подземни уредби с триещ орган на навиване на въжето.	20
II.2. Определяне на условията за приплъзване на подземното въже при руднична подземна уредба с триеща шайба.	28
II.3. Изводи към Глава II	37
ГЛАВА III	38
ИЗБОР И ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТВЪРДИ ОКАЧВАЩИ УСТРОЙСТВА ЗА МНОГОВЪЖЕНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ С ТРИЕЩИ ШАЙБИ	38
III.1. Основни положения при окачващите устройства за многовъжен подем	38
III.2. Основни изчисления при твърдо окачващо устройство за едносъдов подем с противотежест показан на <i>фигура 3.5 а)</i>	43
III.3. Основни изчисления при твърдо окачващо устройство за двусъдов подем дадено на <i>фигура 3.5 б)</i>	46
III.4. Основни изчисления на твърдо окачващо устройство за двусъдов подем за средна и малка дълбочина дадено на <i>фиг. 3.5 в)</i>	48
III.5. Основни изчисления на твърдо окачващо устройство за двусъдов подем, когато има голямо остатъчно удължение на подземните въжета (<i>фиг. 3.5 д</i>).	49
III.6. Изводи към Глава III	51
ГЛАВА IV	52
ОСНОВНИ ВИДОВЕ КОНСТРУКТИВНИ СХЕМИ НА АРМИРОВКА НА ШАХТИ ЗА РУДНИЧНИ ПОДЕМНИ УРЕДБИ И ТЕХНИЯ РАЦИОНАЛЕН ИЗБОР.....	52
IV.1. Конструктивни схеми на армировката	54
IV.2. Руднични шахти	57
IV.3. Рационален избор на конструктивна схема на шахтна армировка	58
IV.4. Елементи на твърдата армировка за руднични шахти.....	74
IV.5. Изводи към Глава IV	79
ГЛАВА V	81
ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНЕРЦИОННИТЕ И ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОДЕМНИ СЪДОВЕ ЗА РУДНИЧНА УРЕДБА.....	81
V.1. Общи сведения за инерционните и геометричните характеристики на подземни съдове и необходимостта от тяхното определяне	81

V.2. Аналитично определяне на инерционните моменти на скип с вместимост 12 m ³	83
V.3. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на скип за въглища с вместимост 12 m ³	85
V.4. Аналитично определяне на инерционните моменти на двуетажна клетка	93
V.5. Компютърно определяне на масовите инерционни моменти на четириетажна клетка при празна клетка, при клетка с една вагонетка и клетка с две вагонетки	103
V.6. Изводи към Глава V	110
ГЛАВА VI	111
ПРЕДПРОЕКТНО ПРОУЧВАНЕ ЗА ШАХТОВ МНОГОВЪЖЕН ПОДЕМ НА ШАХТА „ВЪРБА-2“ ОТ НАХОДИЩЕ „ВЪРБА-БАТАНЦИ“	111
VI.1. Въведение	111
VI.2. I-ви вариант – Подем с едноетажна клетка за вагони ВНР-1,7. Конструкция на минните изработки	112
VI.3. II-ри вариант – Подем със скип с вместимост 2 m ³ . Конструкция на минните изработки	113
VI.4. III-ти вариант – Подем с двуетажна клетка за вагони ВНР-1,7. Конструкция на минните изработки	115
VI.5. IV-ти вариант – Подем със скипклетка. Конструкция на минните изработки	116
VI.7. VI-ти вариант – Подем със скипклетка за вагони ВНР-1,7 и скип с обем 2 m ³ . Конструкция на минните изработки	120
VI.8. Изводи към Глава VI	122
ЛИТЕРАТУРА	124
Съдържание	130

Живко Илиев

**Аналитични изследвания на основните параметри на
руднични подемни уредби с триещи шайби**

Българска
първо издание

Рецензенти:

проф. д-р Никола Борисов Мърхов
доц. д-р Ромео Фердинандов Александров

Научен редактор:

проф. д-р Кирил Сталинов Джустров
Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“

Формат: 60x90/16
Печатни коли: 8,5

Издателска къща „Св. Иван Рилски“
на МГУ „Св. Иван Рилски“
София, 2026

ISBN 978-954-353-514-9 (мека подвързия)

ISBN 978-954-353-515-6 (pdf)



**МИННО-ГЕОЛОЖКИ
УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. ИВАН РИЛСКИ“**

**Отпечатано в Издателска къща „Св. Иван Рилски“
на МГУ „Св. Иван Рилски“, София**

mgu.bg