

ДИНАМИКА ЗАГРУЗКИ СКИПОВ

И. К. ХРУСТАЛЕВ

Введение

В нашей технической литературе очень мало внимания уделяется вопросам загрузки скипов. Обычно все рассуждения о выборе возможной диаграммы скорости для скиповых подъемных установок ведутся без учета этого фактора, что приводит к значительному увеличению времени подъемной операции, против того, каковое было бы в случае применения диаграмм скорости, рекомендуемых в технической литературе. Это увеличение времени подъемной операции идет главным образом за счет низкой действительной скорости посадки скипа на каретку дозатора и за счет увеличения времени загрузки скипов.

Нами проведены наблюдения за большим числом загрузочных устройств Кузбасса. На основании этих наблюдений и хотелось бы поделиться своими впечатлениями в этом вопросе, имеющем немаловажное значение в работе скиповых подъемных установок, тем более, что скорость посадки скипа на каретку дозатора в отдельных случаях опускается до $0,1 \text{ м/сек}$, а время движения скипа вместе с кареткой растягивается иногда до 16 сек .

Типы загрузочных устройств, применяемые в Кузбассе

Дозирующее устройство

В скиповых подъемных установках шахт Кузбасса, как правило, применяются самодозирующие загрузочные устройства с барабанными затворами. Барабанный затвор встречается двух разновидностей. В одном случае контргруз, при помощи которого закрывается затвор дозатора, укреплен непосредственно на барабане (см. рис. 1). Для ограничения поворота барабанного затвора дозатора в этом случае имеется ограничительное устройство (обычно деревянный брус, укрепленный к фундаменту затвора). В другом случае (см. рис. 2) контргруз барабанного затвора совершает движение в отдельных направляющих и связан с барабаном при помощи каната. Как показывает опыт работы скиповых подъемных установок Кузбасса, во втором случае дозирующее устройство работает более надежно, допуская большую ударную нагрузку, а значит, и большую скорость скипа при посадке на каретку дозатора. Наоборот, первая разновидность барабанного затвора не допускает больших посадочных скоростей скипа. Здесь при резких поворотах затвора при его открывании и закрывании возникают опасные механические напряжения в боковых листах неуравновешенной части барабана (в месте крепления грузов), что вызывает отрывание грузов и разрывы листов барабана. Такие неоднократные аварии наблюдались, например, на подъемной установке одной из шахт треста „Кагановичуголь“ и т. д. Это положение заставляет производить посадку скипа на каретку дозатора с весьма низкой скоростью, что чрезвычайно

затягивает период посадки скипа (на данной установке оно составляет 15,7 сек). Это же положение не дает возможности работать с большим ускорением в начале пускового периода, так как при этом возникает большая ударная сила при ударе барабана затвора об ограничительный брус. Эти высказанные положения подтверждаются тем, что, как известно, удар-

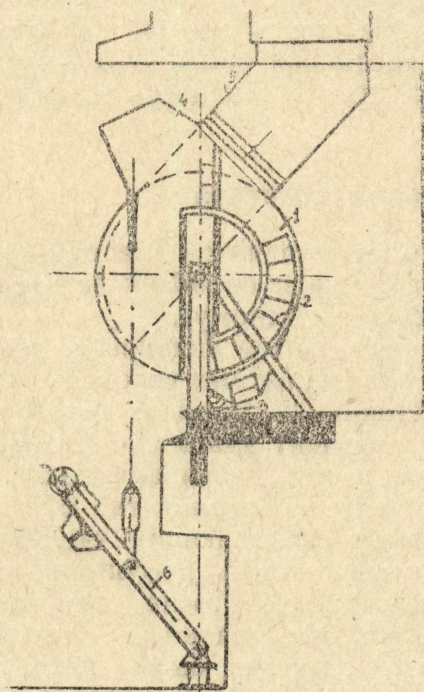


Рис. 1. Самодозирующее загрузочное устройство

1 — Барабан затвора дозатора.
2 — Контргруз. 3 — Ограничительный брус. 4 — Лоток дозатора. 5 — Рукав загрузочного бункера. 6 — Каретка дозатора.

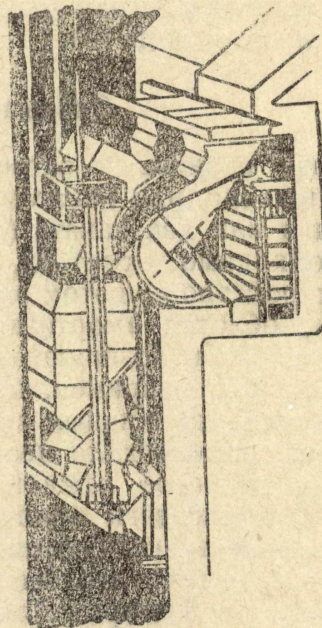


Рис. 2.

Самодозирующее загрузочное устройство

ная сила прямо пропорциональна массе ударяющихся тел и скорости тела перед ударом и обратно пропорциональна времени удара, т. е.

$$P_{уд} \equiv \frac{mv}{t_{уд}}.$$

При равных скоростях поворота затворов обоих типов и равных $t_{уд}$ ударное усилие, возникающее в барабане затвора, показанного на рис. 1, больше, так как в данном случае его масса m больше.

Типы кареток дозирующих устройств для посадки скипа

В скиповых подъемных установках шахт Кузбасса встречаются два типа кареток дозирующих устройств: поступательного и вращательно-перемещений. В первом случае рама каретки ходит в направляющих, во втором — она подвешена при помощи тяг или канатов дозирующего устройства и поворачивается под действием опускающегося скипа и контргруза в зумпфе ствола.

Для посадки скипа у кареток поступательного перемещения имеется педаль, на которую для смягчения удара скипа обычно накладывается деревянный брус толщиной 150 ÷ 220 мм.

У кареток вращательного перемещения посадка скипа осуществляется или на посадочный ролик, или на металлическую балку.

Ход каретки поступательного перемещения обычно $1,4 \div 1,9$ м и вращательного перемещения $0,6 \div 1,6$ м. Каретки с поступательным перемещением благодаря наличию на посадочной педали деревянного амортизирующего бруса работают в более благоприятных условиях и, наоборот, у кареток вращательного перемещения наблюдались случаи поломки посадочного ролика или вырывание его из крепления рамы. Это обстоятельство заставляет ограничивать скорость посадки и усиливать элементы грузочного устройства.

Связь каретки с затвором дозатора

Связь каретки с затвором дозатора осуществляется или при помощи стальных тяг, или канатами. Обычно от каретки к барабану затвора идут две тяги или два каната (с каждой стороны по одному).

Необходимо отметить, что канатная связь более надежна и дозирующее устройство при этом работает в более благоприятных условиях, так как канаты, обладая амортизационными свойствами, уменьшают механические напряжения в дозирующем устройстве в момент удара скипа о каретку дозатора. Так, например, на одной из шахт треста „Кагановичуголь“, даже при наличии пружинных амортизаторов в месте крепления тяг с кареткой дозатора, происходили неоднократные порывы связывающих тяг. При доведении диаметра каждой тяги до 30 мм вырывались проушины при помощи которых тяги крепятся к затвору и каретке. После того как тяги были заменены стальными канатами $d = 21,5$ мм, аварий в связях длительное время не наблюдается, хотя вместе с тягами были сняты и пружинные амортизаторы. Для крепления тяг или канатов к каретке дозатора иногда применяются пружинные амортизаторы. Схема такого амортизатора показана на рис. 3.

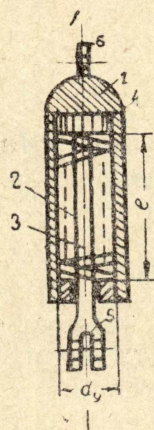


Рис. 3. Пружинный амортизатор

- 1—Корпус (цилиндр) амортизатора $d_{ц} 20 \div 25$ см.
- 2—Пружина (коническая или цилиндрическая). $1-20 \div 25$ см.
- 3—Стержень.
- 4—Упорная шайба.
- 5—Проушины для крепления амортизатора с кареткой дозатора.
- 6—Прилив корпуса с отверстием для крепления амортизатора с тягой (канатом)

Такие амортизаторы, не улучшая условия работы самой каретки дозатора, безусловно, в большой мере улучшают работу связей и затвора дозирующего устройства, так как смягчают ударные толчки при посадке скипа на каретку дозатора.

К недостаткам данных амортизаторов необходимо отнести то, что ввиду неблагоприятных условий их работы (обычно в условиях большого загрязнения и капежа воды) приходится ставить пружины с диаметром проволоки $16 \div 18$ мм, а это уменьшает амортизационные свойства амортизатора. Кроме того, пружинный амортизатор вызывает колебательные движения затвора дозатора, а значит, и колебательные напряжения в нем.

Усилия, вызываемые в элементах загрузочного устройства и пути их уменьшения

Наибольшие напряжения на каретке дозатора, связях от каретки к дозирующему устройству и в дозирующем устройстве вызываются, как известно, в момент посадки (удара) скипа на посадочное устройство. Эти напряжения тем больше, чем меньше время возрастания скорости каретки от нуля до максимума при посадке на нее скипа.

Из механики известно, что усилие, вызывающее ускорение каретки, равно $P = m_k j_k$ [кг], здесь m_k — масса каретки в кг·м⁻¹·сек²; j_k — ускорение каретки дозатора, оно равно $j_k = \frac{v}{t}$, где

v — максимальная скорость каретки при посадке на нее скипа,
 t — время возрастания скорости каретки от нуля до v .

Ввиду того, что масса скипа обычно больше массы каретки, максимальная скорость каретки v мало отличается от $v_{н.с.}$ — скорости посадки скипа на каретку дозатора. Пренебрегая этой разницей, получим

$j_k = \frac{v_{н.с.}}{t}$ [м/сек²], и выражение для усилия будет:

$$P = m_k \frac{v_{н.с.}}{t} \text{ [кг]}.$$

Из этого выражения видно, что для уменьшения усилия P , при неизменных массе скипа и массе каретки, необходимо стремиться или уменьшить посадочную скорость $v_{н.с.}$ или увеличить время t , т. е. увеличить то время, в течение которого скорость каретки дозатора увеличивается от нуля до максимального значения, после соприкосновения ее со скипом.

Как для уменьшения $v_{н.с.}$, так и для увеличения t можно воспользоваться применением амортизационных устройств. Для выполнения первого условия необходимо применение такого посадочного устройства, которое позволяло бы подводить скип близко к каретке дозатора с возможно большей скоростью, а затем на небольшом участке пути скипа уменьшить его скорость до допускаемой посадочной скорости, т. е. до скорости (не больше 0,5 м/сек), при которой не вызываются опасные напряжения в элементах загрузочного устройства.

Этим посадочным устройством может с успехом служить демпферное устройство. Для наших условий наиболее подходящими являются воздушно-масляные или масляные демпферные устройства, наподобие тех, какие применяются в качестве приспособлений отката и наката в мощных артиллерийских системах.

Для увеличения времени (t) возрастания скорости каретки, по нашему мнению, необходимо применение амортизаторов и установка их на каретке дозатора. При этом скип будет садиться не непосредственно на каретку дозатора, а на указанные амортизаторы. Назначением данных амортизаторов будет: 1) восприятие удара скипа, опускающегося с максимально допустимой скоростью; 2) увеличение времени t — возрастания скорости каретки дозатора от нуля до максимума при соприкосновении ее с опускающимся скипом.

Из выше приведенной формулы для P совершенно ясно, что во сколько раз увеличится время возрастания скорости каретки дозатора t , во столько же раз уменьшатся механические напряжения в загрузочном устройстве, что позволит значительно увеличить посадочную скорость скипа. Усилия, вызываемые в дальнейшем при замедлении скипа, незначительны и не могут вызвать опасных напряжений в дозирующем и посадочном устройствах.

Исходя из вышесказанного, амортизационное устройство должно работать в следующих условиях:

1) воспринимать часто повторяющиеся при работе подъемной установки удары скипа—отсюда вытекает его достаточная прочность;

2) увеличивать время возрастания скорости каретки при посадке на нее скипа, чем обеспечивать минимальные напряжения в посадочном и дозирующем устройствах—отсюда вытекает его достаточные амортизирующие свойства.

Анализируя различного рода амортизирующие материалы, можно прийти к выводу, что наиболее близко подходит к условиям работы и предъявляемым к амортизаторам требованиям резиновые подкладки, состоящие из пакета резиновых шайб, и буферные пружинные устройства. Однако необходимо отметить, что сталь обладает малой способностью поглощать энергию; так, 1 кг стальной пружины может поглотить около 45 кгм энергии, в то время как 1 кг резины поглощает около 450 кгм энергии,

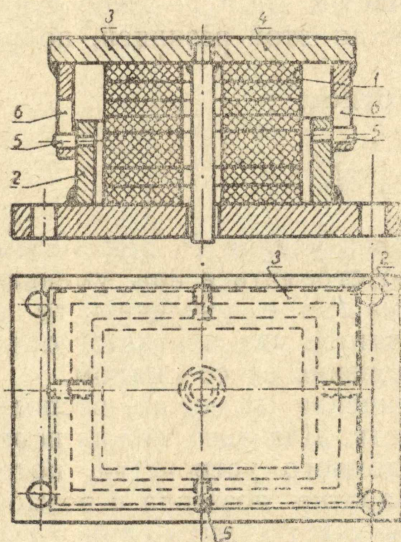


Рис. 4. Резиновый пакетный амортизатор.

1—Пакет из резиновых пластин. 2—Металлическая коробка, которая крепится к каретке дозатора. 3—Крышка коробки. 4—Направляющий стержень. 5—Направляющие штифты. 6—Продолговатые вырзы, дающие возможность движения крышки при ударе скипа.

т. е. в 10 раз больше; таким образом, при прочих равных условиях стальная амортизация будет в 10 раз тяжелее резиновой. Кроме того, стальные буферные пружины ввиду часто повторяющихся ударных нагрузок, загрязненности и сырой рудничной атмосферы часто выходят из строя и рекомендовать их для применения в качестве амортизаторов на каретке дозатора нельзя.

Наиболее надежным устройством в этих условиях будут резиновые амортизационные подкладки, которые и должны устанавливаться на каретке дозатора. Схема такого амортизатора показана на рис. 4.

Размеры амортизаторов

Многолетний опыт эксплуатации резиновых амортизаторов, в подобных нашим условиям (в авиации в качестве амортизирующих устройств шасси), и испытания, проведенные нами с различного рода амортизаторами, позволяют сделать следующие выводы:

1) наилучшие показатели дают резиновые амортизаторы, состоящие из отдельных пластин толщиной 10—20 мм с металлическими прокладками между резиновыми пластинами, так как в этом случае участвует примерно в одинаковой степени в сжатии и восприятии энергии ударяющегося тела весь слой резины амортизатора;

2) толщина отдельных пластин для равномерного сжатия и поглощения энергии должна быть не более 20 мм;

3) не следует составлять амортизатор более чем из 20 пластин, так как такой амортизатор будет иметь тенденцию к одностороннему выпучиванию вследствие искривлений и сдвига пластин;

4) для надежной и продолжительной работы амортизаторов запас прочности при максимальной статической нагрузке должен быть не менее $n=8$. Для мягких сортов резины в среднем можно принимать удельную нагрузку на опорную поверхность амортизатора $p \leq 18 \text{ кг/см}^2$ при статической нагрузке.

Максимальная статическая нагрузка на амортизаторы для посадки скипов будет состоять из мертвого веса скипа Q_m и веса полезного груза Q , т. е. $Q_o = Q_m + Q$.

На каретке предполагается устройство двух амортизаторов, следовательно, опорная поверхность для каждого амортизатора составит

$$f = \frac{Q_o}{2p} = \frac{Q_o}{36} [\text{см}^2], \text{ где } 18 \text{ кг/см}^2 \text{ — допускаемое удельное давление,}$$

Q_o — максимальное статическое усилие. Например, для скипа емкостью 8 т с отклоняющимся при разгрузке кузовом мертвый вес $Q_m = 6075 \text{ кг}$.

Опорная поверхность резинового амортизатора будет $f = \frac{14075}{36} = 393 \text{ см}^2$

или необходимы резиновые пластины $20 \times 20 \text{ см}^2$.

Для улучшения работы пластин они должны иметь возможность расширяться в стороны и, кроме того, для более равномерного расширения пластины размерами более $15 \times 15 \text{ см}^2$ должны иметь внутренние отверстия.

Нами установлены такие амортизаторы на одной из шахт треста „Анжероуголь“. Наблюдения за их работой показывают, что скорость посадки скипа в этом случае может быть доведена до 1 м/сек и выше, что значительно уменьшает время посадки скипа на каретку дозатора, а значит, сокращает время движения сосудов в целом. Практика работы этой установки дает основание утверждать, что с применением резиновых амортизаторов высотой 120 ÷ 150 мм скорость посадки скипа на каретку дозатора перестает быть лимитирующим фактором в работе скиповых установок.

Выводы

1. Из материала, приведенного выше, необходимо сделать заключение, что узким местом в работе скиповых подъемных установок является загрузочное устройство и принятые жесткие методы посадки скипов на каретки дозаторов, за счет чего значительно увеличивается время замедленного движения и цикла работы скиповой подъемной установки в целом, а значит, и уменьшается производительность. Этот вопрос улучшения работы загрузочного устройства требует незамедлительного разрешения.

2. В качестве затворов дозирующих устройств по нашему мнению, является наиболее приемлемым барабанный затвор, у которого контргруз (противовес) ходит по своим направляющим и связан с барабаном затвора при помощи каната. Однако, применяя упругую посадку скипа на каретку дозатора и применяя в качестве ограничителей поворота барабана при закрывании затвора резиновые амортизаторы (из резиновых шайб), может быть с успехом использован и барабанный затвор с контргрузом, укрепленным непосредственно на барабане затвора.

3. В качестве кареток дозирующих устройств в равной мере могут быть применены как каретки с поступательным перемещением, так и с вращательным.

4. Для улучшения режима посадки скипа и работы дозирующего и посадочного устройств в том и другом случае необходимо применять амортизирующие устройства, которые позволяли бы подводить скип к каретке дозатора с максимальной скоростью, не вызывая аварий в дозирующем и посадочных устройствах. Этим наиболее простым устройством являются резиновые амортизаторы, устанавливаемые на каретках дозаторов.

5. В качестве связей от каретки к затвору дозатора необходимо рекомендовать стальные канаты, которые, обладая достаточной прочностью и эластичностью в работе (что особенно важно при ударных нагрузках), способствуют улучшению работы дозатора.

6. Для окончательной фиксации скипа при его загрузке на посадочные брусья или бадки, применяемые на практике, необходимо ставить резиновые амортизирующие подкладки. Это уменьшит динамические напряжения в скипе и посадочных брусьях при окончательной остановке скипа.

Применяя мероприятия, указанные выше, можно с успехом увеличить производительность существующих скиповых подъемных установок на 35% и выше без значительных дополнительных затрат.

Кроме того, эти мероприятия улучшат динамику загрузки скипов, что, в свою очередь, улучшит условия работы, а значит, и увеличит срок службы скипов, посадочных и дозирующих устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герман А. П., Шклярский Ф. Н. Рудничные подъемные установки. Углетехиздат, 1947.
2. Еланчик Г. М. Рудничные подъемные установки. Гостоптехиздат, 1941.
3. Стругин Л. И. и др. Конструкция и проектирование самолетов, т. I. Конструкция самолетов, оборонГИЗ 1939.
4. Макаров С. Я. Гидравлические амортизаторы. ТВФ, № 7, 1936.
5. Ростовцев Г. Г. Строительная механика самолета, ч. II. ОНТИ, 1936.