

ДИАГРАММА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СОСУДОВ СКИПОВОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

И. К. ХРУСТАЛЕВ

Теоретическая диаграмма скорости

Вопросы выбора диаграмм скорости для различного типа рудничных подъемных установок хорошо освещены в нашей технической литературе, поэтому останавливаться на них не будем. Мы же кратко остановимся на приемлемой диаграмме скорости для подъемной установки со скипами, разгружающимися через дно.

Известно, что в этом случае диаграмма скорости движения подъемных сосудов должна быть пятипериодной. Время ускоренного движения и время замедленного движения разбиты на два периода каждое, а диаграмма в целом состоит из следующих периодов: 1—начало ускоренного движения до выхода роликов порожнего сосуда из разгрузочных кривых; 2—период ускоренного движения с момента выхода роликов порожнего скипа из разгрузочных кривых до приобретения сосуда максимальной скорости; 3—период равномерного движения с максимальной скоростью (работа подъемного двигателя на естественной характеристике); 4—период замедления до входа роликов груженого скипа в разгрузочные кривые; 5—конец замедленного движения, с момента входа роликов груженого скипа в разгрузочные кривые до полной остановки сосудов.

Не анализируя диаграмму скорости, укажем, что в нашей технической литературе рекомендуется принимать скорость сосудов в момент входа их в разгрузочные кривые $v_{вх} = 1,2 \div 1,3$ м/сек, скорость выхода порожних скипов из разгрузочных кривых— $v_{вых} = 1,3 \div 1,5$ м/сек, максимальные ускорения и замедления скипов $j = 1$ м/сек².

В практике же эксплуатации скиповых подъемных установок, как увидим ниже, из-за боязни той или иной аварии указанные пределы скоростей и ускорений иногда значительно понижаются. Так, например, $v_{вх}$ иногда опускается до 0,8 м/сек и даже ниже, а на многих подъемных установках доходит до 0,3 м/сек. Действительное время подъемной операции в значительной степени увеличено по сравнению с таковым при теоретической диаграмме скорости. Это увеличение времени идет главным образом за счет сокращения периода равномерного движения и увеличения времени замедленного движения. Последнее вызывается несовершенством посадочных устройств для скипов, что в свою очередь во избежание поломки посадочного и дозирующего устройств ведет к уменьшению скорости подхода скипа к каретке дозатора и посадки на нее. На самом деле, на сравнительно небольшой путь, проходимый скипом непосредственно перед кареткой дозатора и при посадке на последнюю ($1 \div 2,5$ м), расходуется в отдельных случаях до 40% времени подъемной операции.

Действительная диаграмма скорости скиповой подъемной установки

Нами зарегистрированы действительные диаграммы скорости 10 скиповых подъемных установок Кузбасса. Для регистрации действительной диаграммы скорости нами применялся регистрирующий ваттметр и ручная таходинамо независимого возбуждения типа Ш-1. Токовая обмотка ваттметра включалась в цепь неизменного напряжения постоянного тока (цепь аккумуляторной батареи). Обмотка же напряжения включалась в цепь якоря таходинамо постоянного тока, получающего вращательное

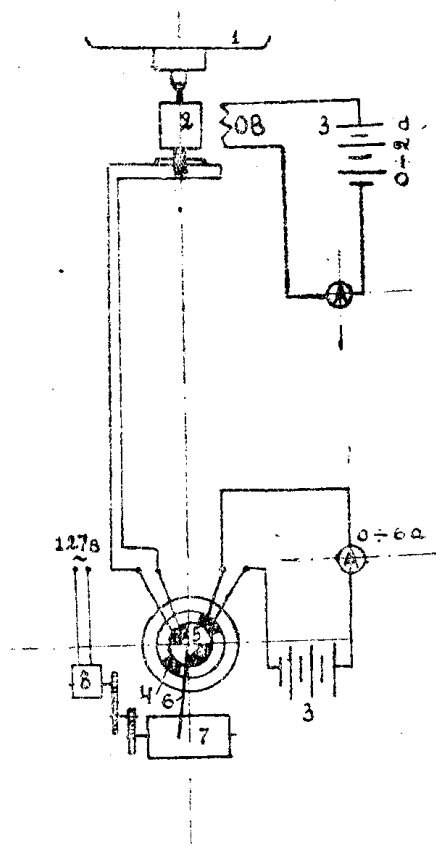


Рис. 1. Схема включения приборов для снятия диаграмм скорости.

1—Двигатель. 2—Якорь таходинамо. 3—Аккумуляторная батарея. 4—Неподвижная токовая обмотка ваттметра. 5—Якорь ваттметра с обмоткой напряжения. 6—Стрелка ваттметра. 7—Приводной барабан ваттметра. 8—Мотор Уоррена для вращения барабана ваттметра.

1.	Ток возбуждения	=0,45а.
2.	"	=0,85а.
3.	"	=1,1 а.
4.	"	=1,5 а.
5.	"	=1,9 а.

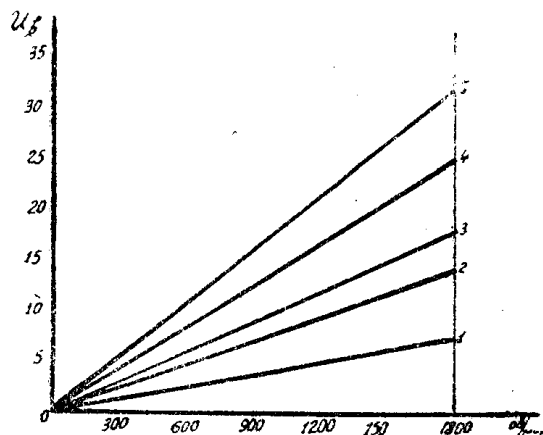


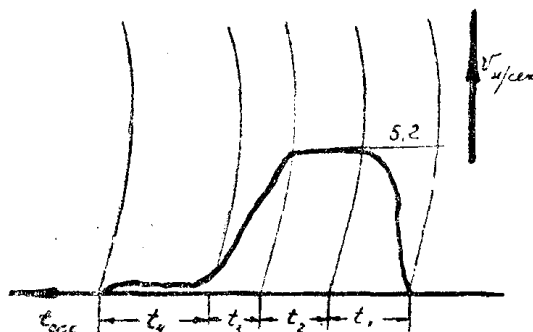
Рис. 2. Градуировочные кривые таходинамо.

движение от вала подъемного электродвигателя или вала подъемной машины. Для большей чувствительности прибора было выведено все дополнительное сопротивление обмотки напряжения. Масштаб ординат регулировался величиной тока возбуждения таходинамо и тока, проходящего через токовую обмотку ваттметра. Это осуществлялось включением большего или меньшего количества элементов аккумуляторной батареи. Масштаб абсцисс $2,1 \text{ мм} = 1 \text{ сек}$ (движение ленты регистрирующего ваттметра осуществляется со скоростью $2,1 \text{ мм/сек}$). Схема включения приборов для снятия диаграмм скорости показана на рис. 1. Градуировочные кривые таходинамо показаны на рис. 2.

Диаграммы скорости снимались в установках со скипами различного типа (скап с разгрузкой через дно с отклонением кузова при разгрузке, скипы с разгрузкой через дно с секторным и рычажным затворами) и различного типа кареток дозатора (вращательного и поступательного перемещений). Действительную диаграмму скорости сосудов скиповой подъем-

Рис. 3. Диаграмма скорости

$t_1 - t_{\text{уск.}} = 12,9 \text{ сек.}$
 $t_2 = t_{\text{равн.}} = 10,0 \text{ сек.}$
 $t_3 = 7,1 \text{ сек.}$
 $t_4 = 15,7 \text{ сек.}$
 $t_3 + t_4 = t_{\text{замед.}} = 22,8 \text{ сек.}$



ной установки удобнее разбить на четыре периода: 1—период ускоренного движения (t_1), 2—период равномерного движения (t_2), 3—период замедленного движения (t_3) и 4—период посадки скипа на каретку дозатора (t_4). На рис. 3 и 4 показаны диаграммы скорости 2 скиповых подъемных установок, зарегистрированных ваттметром.

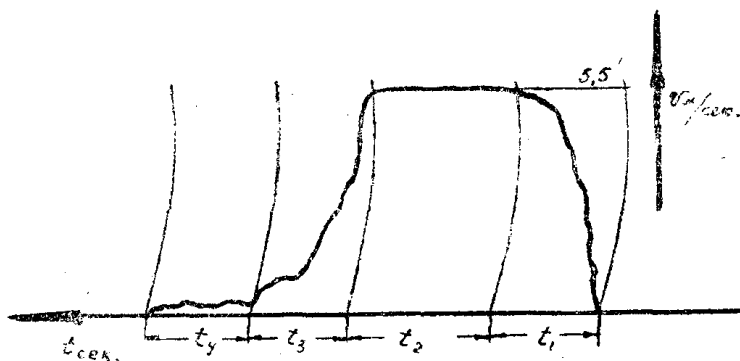


Рис. 4.

Диаграмма скорости

$t_1 = t_{\text{уск.}} = 15 \text{ сек.}$
 $t_2 = t_{\text{равн.}} = 19,7 \text{ сек.}$
 $t_3 = 13,0 \text{ сек.}$
 $t_4 = 14,3 \text{ сек.}$

Данные о действительной скорости работы различных скиповых установок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Действительная скорость движения сосудов различных скиповых подъемных установок

Название установки	Полезный вес Q_T	Высота подъема H_m	V_{max} м/сек	$T_{\text{дв}}$ сек	t_1 сек	t_2 сек	t_3 сек	t_4 сек	θ сек	$T_{\text{ц}}$ сек
1	6	391,6	10,6	58,0	13,9	16,8	18,1	9,2	13	71
2	4	230	6,2	75,9	15	39,0	15,7	6,2	7	82,9
3	3,7	330	6	82,5	26	28,0	20,9	7,6	10	92,5
4	4	304	6,3	71,3	18,8	25,7	22,4	6,4	8	79,3
5	3	150	7,5	45,6	18,4	2,0	17,2	8,0	8	53,6
6	3	168	6	43,5	10,5	21,0	9,0	3,0	10	53,5
7	7	222	7	63,1	22,8	15,7	17,6	7,0	12	75,1
8	1,7	160	3,5	60,5	13,8	23,3	15,9	7,5	8	68,5
9	6	123	5,2	45,7	12,9	10,0	7,1	15,7	10	55,7

Действительное время загрузки и разгрузки скипов

Важным кинематическим элементом работы скиповой подъемной установки является время разгрузки и загрузки скипа. Оно позволяет установить для тех или иных условий продолжительность паузы при работе установки.

На время загрузки и разгрузки скипов влияют тип загрузочного устройства, емкость сосуда, сорт и качество угля и характер изменения скорости сосудов перед их остановкой.

Нами при помощи хронометражных наблюдений получено время загрузки и разгрузки скипов в 9 подъемных установках Кузбасса. Данные о времени загрузки и разгрузки скипов этих установок приведены в табл. 2.

Обычно в технической литературе приводится время паузы:

- (Θ) для скипов емкостью до 6 т — $\Theta = 8$ сек,
 для скипов емкостью 6 ÷ 8 т — $\Theta = 10$ сек,
 для скипов емкостью > 8 т — $\Theta = 12$ сек.

В практике же работы скиповых установок, как правило, имеет место большая продолжительность паузы (см. табл. 2). Однако данные паузы можно сократить, доведя их до времени, необходимого на загрузку скипа при его остановке. В этом случае средняя продолжительность пауз, согласно табл. 2, будет составлять:

- для скипов емкостью до 4 т — 7 сек,
 " " 6 т — 8 сек,
 " " 7 т — 10 сек,
 " " 8 т — 11 сек.

Таблица 2

Время загрузки и разгрузки скипов

Наименование установки N	Тип скипа и его емкость	Время загрузки сек			Время разгрузки сек			Пауза сек
		В дви- жении	Во вре- мя оста- новки	Общее	В дви- жении	Во вре- мя оста- новки	Общее	
1	С разгрузкой через дно с отклонением кузова $Q = 8$ т	3	13	16	2	6	8	13
2	С отклонением кузова $Q = 3,7$ т	3	7	10	3	5	8	10
3	С секторным затвором $Q = 4$ т	2	6	8	4	4	8	7
4	С отклонением кузова $Q = 4$ т	2	6	8	1	4	5	8
5	" $Q = 3$ т	3	8	11	3	1	4	8
6	" $Q = 3$ т	2	10	12	2	4	6	10
7	" $Q = 7$ т	3	10	13	2	2	4	12
8	С отклонением кузова $Q = 6$ т	2	8	10	2	4	6	10
9	" $Q = 6$ т	2	8	10	2	3	5	9

Здесь необходимо обратить внимание на два обстоятельства. Во-первых, для всех типов скипов время разгрузки значительно меньше времени загрузки. Это происходит потому, что выходное отверстие в дне скипа, через которое происходит разгрузка, обычно имеет большие размеры, чем размеры сечения лотка дозатора. Кроме того, рукав бункера, соединяющий бункер с затвором дозатора, имеет недостаточный угол наклона ($35^\circ \div 40^\circ$ к горизонтали), что замедляет время пересыпания через него угля (и особенно в том случае, когда мелкий и мокрый уголь). По нашему мнению, указанный угол наклона должен быть $\geq 45^\circ$.

Во-вторых, чем больше скорость посадки скипа на каретку дозатора, тем быстрее происходит загрузка скипа, так как уголь, находящийся в дозаторе, в этом случае быстрее выходит из состояния покоя. Это обстоятельство особенно наглядно подтверждается работой загрузочного устройства скиповой установки 1. Там при загрузке мелкого мокрого угля приходится несколько раз приподнимать скип над кареткой дозатора и снова садить на нее под загрузку, производя как бы встряхивание угля.

Анализ действительной диаграммы скорости

Период ускоренного движения

Время ускоренного движения сосудов, как известно, зависит от характера запуска подъемного двигателя (автоматизированный или неавтоматизированный) и максимальной скорости.

При автоматизированном запуске двигателя время его разгона зависит от правильности настройки роторной контакторной панели и при неавтоматизированном запуске оно целиком зависит от опытности машиниста подъемной машины.

Из рассматриваемых подъемных установок в скиповых установках шахт, обозначенных номерами 6, 7, 8, применены жидкостные пусковые реостаты для подъемного двигателя. На подъемной установке № 2 применена система генератор-двигатель. В этих подъемных установках запуск подъемного двигателя не автоматизирован. Надо сказать, что ввиду опытности машинистов подъемных машин в этих установках запуск подъемных двигателей происходит плавно и быстро. Здесь машинисты имеют большой стаж работы и детально изучили режим работы подъемной установки. Так, например, на ш. № 6 и № 7 диаграммы скорости снимались, когда работали машинисты подъемных машин Крапивин и Глазко, имеющие стаж работы машинистами подъемных машин по 23 года каждый.

В остальных подъемных установках (см. табл. 1) в качестве пусковых реостатов подъемных двигателей применены металлические реостаты с настройкой роторной контакторной панели на автоматический запуск двигателя. Следует заметить, что в установке 1 запуск подъемного двигателя происходит недопустимо быстро, а нарастание скорости происходит большими скачками. Здесь, кроме неправильной настройки контакторной панели, мало общее сопротивление пускового реостата. В установках же 3, 5 ввиду неправильной настройки роторных контакторных панелей период ускоренного движения подъемной машины сильно удлинен.

В общем же можно сказать, что, производя комплектование пускового реостата и настройку роторной контакторной панели в соответствии с режимом работы подъемной установки, можно сократить время ускоренного движения в среднем по всем установкам на $5 \div 10\%$.

Период равномерного движения

Скорость движения сосудов в этот период зависит от асинхронной скорости подъемного двигателя и от передаточного числа редуктора подъемной машины.

Здесь необходимо обратить внимание на два обстоятельства.

Во-первых, продолжительность движения сосудов с максимальной (равномерной) скоростью во всех рассматриваемых скиповых установках уменьшена за счет увеличения времени замедленного движения. В отдельных случаях это время можно увеличить на 50% и более, что в свою очередь резко увеличит производительность подъемных установок.

Во-вторых, на некоторых новых подъемных установках максимальная скорость искусственно уменьшена за счет ввода в цепь ротора подъемного двигателя дополнительного (балластного) сопротивления. При этом двигатель работает не на естественной (автоматической) характеристике, а на реостатной. Это положение, кроме уменьшения максимальной скорости, ведет к излишней потере энергии на нагревание реостата.

Период замедленного движения

Основную часть времени движения подъемных сосудов во всех установках занимает период замедленного движения, а в таких подъемных установках, как установки шахт № 5 и № 9, он занимает свыше 50% времени движения скипов. Значительная часть времени замедленного движения расходуется на период посадки скипа на каретку дозатора. На самом деле, путь, проходимый скипом вместе с кареткой дозатора на установке 1, составляет 0,48% от высоты подъема. Расходуется же на него 15,9% времени движения (см. табл. 3). На установке 5 соответственно 0,53% пути скип проходит за 17,5% времени движения. На установке 9 1,14% пути за 34,4% $T_{дв}$ и т.д. Это обстоятельство вызывается главным образом несовершенством посадочных устройств для скипов, наличием жесткой посадки скипов. В этом случае при большой посадочной скорости вызываются большие динамические напряжения в посадочном и дозирующем устройствах, что ведет к поломке последних. Из-за боязни вызвать аварию в загрузочном устройстве даже у опытных машинистов подъемных машин это время значительно растянуто и занимает 7 ÷ 11% времени движения (см. табл. 3).

Таблица 3

Анализ времени периода замедления ($t_3 + t_4$) скиповых подъемных установок

Наименование установки	Высота подъема H м	Ход каретки дозатора h_k м	h_k % от H	$T_{дв}$ сек	$t_3 + t_4$ сек	t_4 сек	$t_3 + t_4$ в % от $T_{дв}$	t_4 в % от $T_{дв}$
1	391,6	1,9	0,48	58	27,3	9,2	47	15,9
2	230	1,6	0,69	75,9	21,9	6,2	28,8	8,2
3	330	1,6	0,48	82,5	28,5	7,6	34,5	9,2
4	304	0,8	0,26	71,3	28,8	6,4	40,4	9,0
5	150	0,8	0,53	45,6	25,2	8,0	55,0	17,5
6	168	1,4	0,83	43,5	12,0	3,0	27,5	6,9
7	222	1,4	0,63	63,1	24,6	7,0	39,0	11,1
8	160	1,4	0,87	60,5	23,4	7,5	38,6	12,4
9	123	1,41	1,14	45,7	22,8	15,7	50,0	34,4

Для уменьшения времени посадки скипов на каретку дозатора и уменьшения времени всего периода замедленного движения назрела необходимость применения упругой посадки скипов.

Сравнение действительной диаграммы скорости с теоретической

Из материала, приведенного выше, видно, что действительная диаграмма скорости значительно отличается от теоретически возможной. Это вызывается, главным образом, за счет увеличения времени замедленного движения и сокращения времени движения сосудов с максимальной скоростью по причинам, указанным выше.

Сравнительные данные теоретической и действительной диаграмм скорости для различных скиповых установок приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение действительной диаграммы скорости с теоретической у различных
скиповых установок

Наименование установки	Теоретическая диаграмма скорости			Действительная диаграмма скорости			$\frac{T_{ц. действ.}}{T_{ц. теорет.}} \cdot 100\%$
	$T_{дв}$ сек	Θ сек	$T_{ц}$ сек	$T_{дв}$ сек	Θ сек	$T_{ц}$ сек	
1	46,1	11	57,1	58	13	71	124
2	46,3	7	53,3	75,9	7	82,9	155
3	67,4	7	74,4	82,5	10	92,5	124
4	61,3	7	68,3	71,3	8	79,3	116
5	26,0	7	33,0	45,6	8	53,6	162
6	32,8	7	39,8	43,5	10	53,5	134
7	40,0	10	60,0	63,1	12	75,1	150
8	53,2	7	50,2	60,5	8	68,5	114
9	29,0	8	37,0	45,7	10	55,7	151

Из этой таблицы видно, что действительное время цикла у рассматриваемых скиповых подъемных установок на $14 \div 62\%$ больше теоретического, а в среднем для 10 скиповых установок, приведенных в таблице, оно на $36,8\%$ больше времени цикла при теоретической диаграмме скорости. Следовательно, приблизив действительную диаграмму скорости к теоретической, мы увеличим производительность рассматриваемых скиповых установок в среднем на $36,8\%$. Кроме того, сокращение времени цикла вызовет большое сокращение расхода энергии приводом подъемной машины, так как при существующем режиме работы на „подтягивание“ скипа к каретке дозатора и посадку его на последнюю производится значительная затрата энергии.

Выводы

1. Действительная диаграмма скорости скиповых подъемных установок значительно отличается от теоретической. Это отличие главным образом идет за счет времени замедленного движения—действительное время замедленного движения сильно увеличено.

2. Увеличение времени замедленного движения вызывается несовершенством принятой посадки скипа на каретку дозатора; необходимо вместо принятой в настоящее время жесткой посадки применять упругую посадку, т. е. скип садить на амортизирующие посадочные устройства (демпферные устройства или резиновые амортизаторы на каретке дозатора). Это позволит уменьшить опасность аварий в загрузочном устройстве и уменьшить время замедленного движения, что в свою очередь приведет к увеличению производительности скиповых подъемных установок примерно на $30 \div 35\%$.

3. Для уменьшения времени загрузки скипов необходимо рукав загрузочного бункера, соединяющий последний с дозатором, устанавливать под углом $45-50^\circ$ к горизонтали. Это особенно важно при мелких и мокрых углях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герман А. П., Шклярский Ф. Н. Рудничные подъемные установки. Углетехиздат, 1947.
 2. Еланчик Г. М. Рудничные подъемные установки. Гостоптехиздат, 1941.
 3. Ильичев А. С. Рудничные подъемные машины. ОНТИ—НКТП—СССР, 1933.
 4. Уманский В. Б. и Тулин В. С. Теоретические основы шахтной подъемной машины. Гос. научно-технич. издательство Украины, 1933.
 5. Справочник по горному делу. Metallurgizdat, 1952.
 6. Справочник энергетика угольной шахты. Углетехиздат, 1950.
 7. Справочник механика угольных шахт и рудоремонтных баз. Углетехиздат, 1950.
 8. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Углетехиздат, 1951.
 9. Ильичев А. С. Реконструкция и дальнейшее развитие шахтного подъема. Журнал „Уголь“ № 11, 1945.
 10. Хаджиков Р. Н. Шахтные подъемные установки. Углетехиздат, 1950.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине допущены опечатки
7	табл. 1	$2 \times 2 \times 2,4$	$2 \times 6 \times 2,4$	Редакции
16	рис. 4	$X_0 = 79$ м.	$x_0 = 7,9$ м.	Автора
35	23 сн.	для 10	для 9	Автора
92	рис. 6	65%	55%	Автора
93	табл. 2 графа 6	α_1	α	Автора
131	пункт 8	установки	установка	Автора
131	пункт 14	установки	установка	Автора
132	7 св.	маневровых	маневровой	Автора
134	3 сн.	одинаково	почти одинаково	Автора
163	16 св.	rc/s^2	rc/ρ^2	Редакции