*Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института, том XXVI, вып. I, 1952 г.*

# К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МОЩНОСТИ И ТИПА ГЛАВНОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МНОГОЧЕРПАКОВЫХ ДРАГ

*Канд. техн. наук Л. Ф. Шклярский*

Определение мощности главного привода многочерпаковых электрических драг, т. е. привода их черпакового устройства, встречает следующие затруднения.

1. Недостаточная изученность физических свойств грунтов драгируемых россыпей приводит к тому, что усилие резания грунтов черпаками с необходимой степенью точности не может быть определено. Грунты, в основном, не являются однородными. Как следует из классификации грунтов для дражных работ (табл. 1), установленной

Таблица 1

**Классификация грунтов для дражных работ**

| Классы | Типичные породы с характерными свойствами грунтов | Трудность разработки и характеристика черпания |
|---|---|---|
| | Торф без корней, рыхлый растительный грунт, старые торфяные, галечные и эфельные отвалы. Средние и крупнозернистые кварцевые и кварцево-полевошпатовые несвязные пески, иногда с небольшой примесью галечника и щебня. Несвязные песчано-галечные грунты, изредка с крупной галькой, илистые или с небольшой примесью суглинка. Песчано-глинистые грунты (супесок, иногда с галькой и щебнем), мало связные песчано-щебнево-галечные грунты | Грунт легко поддается отделению черпаками от основной массы породы и легко промывается. В этом случае коэффициент наполнения черпаков больше единицы, а количество черпаков, проходящих в одну минуту через верхний черпачный барабан, будет максимальным |
| II | Песчано-галечные или галечные уплотненные, или связанные (цементированные глиной), месниковатые грунты с небольшим количеством гальки и щебня (до 30%). | Отделение черпаками от основной массы породы производится с некоторым усилием, что несколько уменьшает производительность и скорость движения черпаков и затрудняет промывание, вследствие чего приходится уменьшать наполнение черпаков |

Продолжение табл. 1

| Классы | Типичные породы с характерными свойствами грунтов | Трудность разработки и характеристика черпания |
|---|---|---|
| III | Вязкие глины (месника) с валунами диаметром до 50 *см* с содержанием их до 15%, элювиальные пласты, угловатые, беспорядочно расположенные обломы плотика (щебень, плиты), связанные глиной. Разрушенные мелко-разборные глинистые, песчано-глинистые, углистые, слюдистые и известковые сланцы | Грунты более плотные; скорость движения черпаков меньше, чем во II классе, промывистость хуже. Работа производится с меньшим наполнением черпаков, чтобы не было завала бочки, люков и загрязнения черпаковой рамы. Необходимы остановки на чистку люков и рамы |
| IV | Вязкие глины (месник) с валунами более 50 *см* диаметром, с количеством их до 50%. Неразрушенные мергели и песчаники на глинистом цементе, изверженные породы с весьма частыми трещинами, конгломераты со слабым цементированием | Количество черпаков в минуту меньше, чем в III классе. Вследствие плохой промывистости и крепости плотика, обусловливают меньшую степень наполнения черпаков. Необходимы остановки на удаление валунов, чистку рамы, люков. Наблюдается частое запрессовывание черпаков. Требуется выхаживание черпачной цепи |
| V | Исключительно вязкие глины (месник, салка), не вываливающиеся из черпаков, с валунами диаметром свыше 50 *см*, с количеством валунов до 50%. Полуразрушенные крупноразборные песчаники. Песчано-глинистые и слюдистые сланцы, сильно трещиноватые в разных направлениях, изверженные породы | Глинистые (месниковатые) грунты, сравнительно легко черпаемые, но имеющие плохую промываемость. Наблюдается частое запрессовывание черпаков, необходимы частые выхаживания цепи. Очень плохое опоражнивание черпаков, в силу чего работа производится с незначительным их наполнением. Почва весьма крепкая, что тоже уменьшает степень наполнения черпаков. Частые остановки на удаление валунов, чистку рамы, люков. Пробутаривание (раскачивание) бочки |
| VI | Мерзлый грунт (мерзлоты вечная и сезонная), трещиноватые, неразборные метаморфические и кристаллические сланцы, изверженные и крепкие осадочные породы | Грунт характеризуется исключительной крепостью, при драгировании — минимальное наполнение черпаков, но скорость движения черпачной цепи большая, так как черпаки скользят по грунту (мерзлота, скала), мало его забирая |

в 1937 г. [1], грунты могут содержать торф, пески, глины, щебень, песчаник, валуны, изверженные породы и другие компоненты, причем процентный состав их колеблется в широких пределах. Поэтому

[1] Сборник методов организации труда и типовых норм в золото-платиновой промышленности, Главзолото, вып. IV, Москва, 1937.

для подобных грунтов пользоваться физическими константами, полученными при испытании однородных грунтов, будет не совсем правильным.

2 При работе драги могут встречаться различные препятствия (крупные валуны, крепежный лес старых выработок и др.), которые вызывают перегрузки двигателя черпакового устройства.

Длительность и величина перегрузок теоретически не могут быть учтены. Выявление характера подобных перегрузок и величины усилия резания может быть осуществлено с помощью нагрузочных диаграмм, снятых самопишущими электрическими измерительными приборами. Выбор типа привода черпакового устройства представляет меньшие затруднения. Механическая характеристика электродвигателя черпакового устройства должна удовлетворять требованиям экскаваторной характеристики: 1) производительность драги при изменении сопротивлений грунта в допустимых пределах не должна заметно изменяться; 2) максимальный момент двигателя не должен превосходить допустимого значения по условиям механической прочности элементов черпакового устройства и по условиям допустимого нагрева обмоток двигателя.

Переходя к определению мощности $N$ электродвигателя черпакового устройства, необходимо отметить, что ее можно рассматривать, как состоящую из трех составляющих [1] [1]:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta_{iz}}, \qquad (1)$$

где $N_1$ мощность на подъем грунта;
$N_2$ — мощность на резание грунта;
$N_3$ — мощность на перемещение черпаков;
$\eta_{iz}$ — к. п. д. передачи от двигателя к верхнему барабану.

Составляющие $N_1$ и $N_3$ могут быть определены достаточно точно общеизвестными методами и, по своему существу, не представляют для нас большого интереса. Для их определения можно пользоваться следующими выражениями [1]:

$$N_1 = \frac{Q}{270}\left[(\gamma_1 - \gamma) h_1 + \gamma_1 h_2\right] \text{ л.с.} \qquad (2)$$

где $Q$ — действительная производительность драги, $м^3/час$;
$\gamma_1$ — удельный вес мокрого грунта, $г/см^3$;
$\gamma$ — удельный вес забортной воды, $г/см^3$;
$h_1$ — глубина черпания, $м$;
$h_2$ — высота подъема грунта над уровнем воды, $м$;

$$N_3 = \frac{1{,}02 p v_ц}{75}\left[1{,}1\,(k l_р + 1{,}1 y_1) - y_2\right] \text{ л. с.} \qquad (3)$$

где $p$ — вес погонного метра черпаковой цепи, $кг/м$;
$v_ц$ — скорость движения цепи, $м/сек$;
$k$ — коэффициент, характеризующий конструкцию черпаковой цепи;
$l_р$ — длина черпаковой рамы, $м$;
$y_1$, $y_2$ — ординаты точек подвеса провисающей части черпаковой цепи, $м$.

---

[1] Этот принцип подхода к расчету мощности привода черпакового устройства предложен доцентом А. А. Лукашевичем в его диссертации и применен в данной статье с разрешения автора.

Составляющая $N_2$, т. е. мощность резания грунта, зависит от физических свойств грунта, типа черпака, количества черпаков в шлейфе[1], скорости движения черпаковой цепи.

Благодаря разработанной в последнее время физической теории резания грунтов [2], в основном представилось возможным выяснить физические свойства грунтов и влияние на усилие резания формы рабочего органа землеройных машин применительно к однородным грунтам. Применительно к неоднородным грунтам подобные зависимости пока отсутствуют, поэтому, используя для драг известные уже в технической литературе данные для однородных грунтов, указанные зависимости приходится интуитивно корректировать, что отражается на точности расчетов. Мощность резания грунта определяется следующим выражением:

$$N_2 = i\,\frac{Pv_{ц}}{102}\ квт, \tag{4}$$

где $i$ — количество черпаков в шлейфе;

$P$ — усилие резания одного черпака, которое, в свою очередь, может быть определено следующим образом [2]:

$$P = ch^{1,35}\ (1 + 2{,}6l)(1 + 0{,}0075\alpha)(1 + 0{,}03S_1)\mu\beta_0 + \\ + FK_{сж} + q\gamma_1 \operatorname{tg}\rho + Gf, \tag{5}$$

где — относительная плотность грунта по данным динамического плотномера ДОРНИИ;

$h$ — глубина резания, т. е. глубина внедрения черпаков в грунт, *см*;

$l$ — длина режущей кромки черпака, *см*;

$\alpha$ — угол резания, град.;

$S_1$ — толщина козырька черпака, *см*;

$\mu$ — коэффициент, учитывающий число боковых открытых стенок при резании;

$\beta_0$ — коэффициент, учитывающий заострение боковых профилей черпака;

$F$ — площадь поперечного сечения стружки, снимаемой черпаком, $см^2$;

$K_{сж}$ — сопротивление стружки продольному сжатию, $кг/см^2$;

$q$ — объем призмы волочения грунта черпаком, $м^3$;

$\gamma_1$ — удельный вес грунта, $г/см^3$;

$\operatorname{tg}\rho$ — коэффициент внутреннего трения грунта;

$G$ — вес черпака, *кг*;

$f$ — коэффициент трения грунта о сталь.

Несмотря на большое количество величин, входящих в выражение (5), точность его применительно к условиям работы драг является относительной. Поэтому, по нашему мнению, мощность двигателя, полученная на основании выражений (1) — (5), должна корректироваться по данным нагрузочных диаграмм мощности, снятых самопишущими ваттметрами во время работы драг, на основании обработки которых должны быть выведены опытные коэффициенты.

---

[1] Шлейфом называется часть свисающей ветви черпаковой цепи, в пределах которой черпаки имеют непосредственное соприкосновение с поверхностью разрабатываемого грунта.

Для более подробного освещения вопроса выбора мощности и типа привода черпакового устройства драги ниже приведен числовой пример для драги с емкостью ковша $q_т = 0{,}38$ $м^3$ при работе ее в легких (класс I) и тяжелых (класс IV) грунтах применительно к классификации грунтов, принятой для дражных работ (табл. 1).

Исходные данные для примера представлены в табл. 2, где данные за номерами 10, 22, 26, 28 по указанным ранее причинам приняты несколько ориентировочно.

Пользуясь формулами (4) и (5), определяем усилие и мощность резания для обоих классов грунта.

Класс I

$$P' = ch^{1,35}(1+2{,}6l)(1+0{,}0075\alpha)(1+0{,}03S_1)\mu\beta_0 + FK_{сж} + q\gamma_1 \operatorname{tg}\rho + Gf = 4 \quad 40^{1,35}(1+2{,}6 \quad 1{,}27)(1+0{,}0075\cdot 45)(1+0{,}03\cdot 5) + 5100\cdot 0{,}25 + 0{,}42 \quad 1{,}8\cdot 0{,}8 \quad 1000 + 1900\cdot 0{,}35 \approx 6400 \text{ кг};$$

$$N_2' = i\frac{Pv_ц}{102} = 3\frac{6400 \quad 0{,}4}{102} = 75 \text{ квт}.$$

Класс IV

$$P'' = 10 \quad 25^{1,35}(1+2{,}6\cdot 1{,}27)(1+0{,}0075\cdot 45)(1+0{,}03\cdot 5) + 3150 \quad 1 + 0{,}25 \quad 2{,}4 \quad 1{,}2 \quad 1000 + 1900\cdot 0{,}35 = 9635 \text{ кг};$$

$$N_2'' = 3\frac{9635 \quad 0{,}33}{102} = 95 \text{ квт}.$$

По формуле (2) определяем мощность на подъем грунта.

Класс I

$$N_1' = \frac{Q}{270}[(\gamma_1 - \gamma)h_1 + \gamma_1 h_2] = \frac{577}{270}[(1{,}8 \quad 1)16{,}7 + 1{,}8 \quad 11{,}3] = 72 \text{ л. с.} = 53 \text{ квт}.$$

Класс IV

$$N_1'' = \frac{280}{270}[(2{,}4 \quad 1)16{,}7 + 2{,}4 \quad 11{,}3] = 52{,}5 \text{ л. с.} = 38{,}5 \text{ квт}.$$

По формуле (3) определяем мощность на перемещение черпаков.

Класс I

$$N_3' = \frac{1{,}02pv_ц}{75}[1{,}1 \quad (kl_р + 1{,}1y_1) - y_2] = \frac{1{,}02 \quad 2124 \quad 0{,}4}{75}\cdot[1{,}1 \quad (0{,}89 \quad 37{,}7 + 1{,}1 \quad 13{,}35) - 41{,}65] = 131 \text{ л. с.} = 96 \text{ квт}.$$

Класс IV

$$N_3'' = \frac{1{,}02 \quad 2124\cdot 0{,}33}{75}[1{,}1 \quad (0{,}89 \quad 37{,}7 + 1{,}1 \quad 13{,}35) - 41{,}65] = 108 \text{ л. с.} = 80 \text{ квт}.$$

На основании выражения (1) определяем полную мощность на валу двигателя.

Класс I

$$N' = \frac{N_1' + N_2' + N_3'}{\eta_{lz}} = \frac{53 + 75 + 96}{0{,}75} \approx 300 \text{ квт}.$$

Таблица 2

| № п/п | Наименование | Обозначение | Единица измерения | Класс грунта | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | I | IV | |
| 1 | Емкость черпака драги | $q_ч$ | | 0,38 | 0,38 | |
| 2 | Количество черпаков, опрокидывающихся в 1 мин. | $z$ | черп./мин. | 23 | 19 | По данным Сборника Главзолото, 1937 |
| 3 | Коэффициент наполнения | $a_н$ | | | 0,65 | То же |
| 4 | Коэффициент разрыхления | $a_р$ | | 1,15 | 1,25 | По данным [1] |
| 5 | Глубина резания . | $h$ | *см* | 40 | 25 | |
| 6 | Глубина черпания (наибольшая) . | $h_1$ | *м* | 16,7 | 16,7 | |
| 7 | Длина режущей кромки черпака | $l$ | *см* | 127 | 127 | |
| 8 | Толщина козырька черпака . | $S_1$ | *см* | 5 | 5 | |
| 9 | Угол резания | $\alpha$ | град. | 45 | 45 | |
| 10 | Коэффициент внутреннего трения | $\operatorname{tg}\rho$ | | 0,8 | 1,2 | По данным [2] |
| 11 | Коэффициент трения грунта о сталь | $f$ | | 0,35 | 0,35 | По данным [7] |
| 12 | Вес погонного метра черпаковой цепи | $p$ | *кг/м* | 2 124 | 2 124 | |
| 13 | Вес черпака . . | $G$ | *кг* | 1 900 | 1 900 | |
| 14 | Удельный вес мокрого грунта . . | | *г/см³* | 1,8 | 2,4 | |
| 15 | Удельный вес забортной воды | | | 1,0 | 1,0 | |
| 16 | Площадь поперечного сечения стружки . | $F$ | *см²* | 5 100 | 3 150 | |
| 17 | Количество черпаков в шлейфе | | шт. | 3 | 3 | По данным [8] |
| 18 | Высота подъема грунта над водой | $h_2$ | *м* | 11,3 | 11,3 | |
| 19 | Ординаты точек подвеса провисающей ветви черпаковой цепи | $y_1$<br>$y_2$ | *м*<br>*м* | 13,35<br>41,65 | 13,35<br>41,65 | По данным [1] |
| 20 | К. п. д. передачи от двигателя к верхнему барабану | $\eta_z$ | | 0,75 | 0,75 | |
| 21 | Объем призмы волочения | $q$ | *м³* | 0,42 | 0,25 | |
| 22 | Сопротивление стружки грунта продольному сжатию . . | $K_{сж}$ | *кг/см²* | 0,25 | 1 | По данным [2] |
| 23 | Шаг черпачной цепи | $t$ | *м* | 1,04 | 1,04 | |
| 24 | Угол заострения режущей кромки черпака | $\beta$ | град. | 70 | 70 | |
| 25 | Коэффициент, учитывающий заострение боковых профилей черпака | $\beta_0$ | | 1 | 1 | |
| 26 | Коэффициент, учитывающий число боковых открытых стенок при резании | | | 1 | | |

| № п/п | Наименование | Обозначение | Единица измерения | Класс грунта | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IV | |
| 27 | Скорость движения черпаковой цепи | $v_ц$ | *м/сек* | 0,4 | 0,33 | По данным [1] |
| 28 | Относительная плотность грунта | | число ударов ударника ДОРНИИ | 4 | 10 | По данным [2] |
| 29 | Теоретическая производительность драги | $Q_0$ | *м³/час* | 524 | 433 | $Q_0 = 60zq_ч$ |
| 30 | Действительная производительность драги | $Q$ | | 577 | 280 | $Q = a_н Q_0$ |
| 31 | Коэффициент, зависящий от конструкции черпаковой цепи | $k$ | | 0,89 | 0,89 | По данным [1] |
| 32 | Длина черпаковой рамы | $l_р$ | *м* | 37,7 | 37,7 | |

Класс IV

$$N'' = \frac{38{,}5 + 95 + 80}{0{,}75} \approx 285 \text{ квт}.$$

Так как на драгах с емкостью черпака 0,38 *м*³, 0,21 *м*³ и 0,154 *м*³ главный привод оборудуется обычно асинхронными двигателями с контактными кольцами, то и в данном случае выбираем по каталогу асинхронный трехфазный двигатель с контактными кольцами мощностью 320 *квт*, т. е. такой мощностью, которой обладают двигатели черпакового устройства драг с емкостью ковша 0,38 *м*³. Данные принятого по каталогу двигателя следующие: двигатель АМТ-1512-12, $N = 520$ *квт*, $U = 3000$ *в*, $n_c = 500$ об/мин, $n = 490$ об/мин, $I_{ст} = 85$ *а*,

$$\lambda = \frac{M_{макс}}{M_{ном}} = 2{,}4, \quad \cos\varphi = 0{,}8, \quad \eta = 0{,}904, \quad GD^2 = 1600 \text{ кг } м^2.$$

Прежде чем обратиться к анализу полученных значений мощности двигателя, необходимо отметить, что относительная плотность грунтов *c* является функцией их влажности. Относительная плотность различных грунтов в функции их влажности изменяется различно [2]. Например, для сухого песка (легкий грунт) $c \approx 1$ и при влажности его $\omega = 15\%$ также $c \approx 1$, в то время как для глины (тяжелый грунт) при $\omega = 8\%$ $c \approx 27$, а при $\omega = 25\%$ $c \approx 5$, т. е. при значительной влажности глина переходит в класс легких грунтов [2]. Приведенные данные относятся к однородным грунтам. Если предположить, что свойства неоднородных грунтов подобны, хотя и не полностью, свойствам однородных грунтов, то, очевидно, мощность резания при работе драги в легких и тяжелых грунтах колеблется в небольших пределах. Этому соответствуют и данные примера. Мощность резания при работе драги в грунтах I класса $N_2' = 75$ *квт*, что составляет 33% полной мощности двигателя (224 *квт*) на валу верхнего барабана. Мощность резания при работе драги в грунтах IV класса $N_2'' = 95$ *квт*, что составляет 44% полной мощности двигателя (213,5 *квт*) на валу верхнего барабана.

Данные соотношения, естественно, нуждаются в проверке на практике.

Из примера также видно, что мощность двигателя ($N' = 300$ *квт*) при работе в легких грунтах оказалась даже несколько больше мощности двигателя ($N'' = 285$ *квт*) при работе в тяжелых грунтах. На практике, как сказано выше, это вполне возможно, если учесть также, что при работе в тяжелых грунтах коэффициент наполнения черпаков и скорость движения цепи значительно меньше, нежели в легких грунтах. Таким образом, мощность двигателя в зависимости от класса грунта колеблется в незначительных пределах ($5 \div 6\%$). В данном случае не принимаются во внимание всякого рода слу-

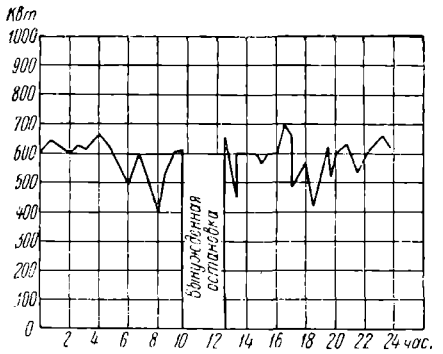



Рис. 1

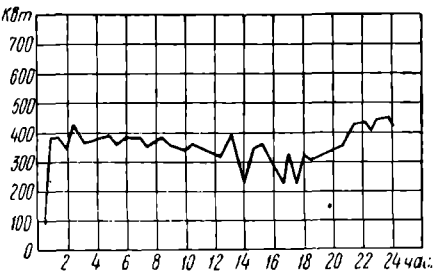



Рис. 2

чайные перегрузки различной длительности и величины, которые, как уже говорилось, могут быть учтены только нагрузочными диаграммами, снятыми во время работы драги.

Так как мощность двигателя черпакового устройства, определенная в данном примере, не может претендовать на значительную точность, то для ее уточнения необходимо обратиться к нагрузочным диаграммам мощности, снятым в производственных условиях. Методика пользования данными нагрузочных диаграмм предполагает теоретическую обработку большого их количества и установление опытных коэффициентов для различных классов грунтов. Кроме того, наличие большого количества нагрузочных диаграмм выяснило бы вопрос характера случайных перегрузок, которые также должны быть учтены при выборе мощности двигателя черпакового устройства драги.

К сожалению, пока ничего подобного осуществить не представляется возможным, так как в технической литературе нагрузочные диаграммы дражных двигателей почти не приводятся. В статье К. Н. Короленко [6] приведена нагрузочная диаграмма мощности (рис. 1). Она характеризует мощность, потребляемую всей драгой с емкостью черпака $q_ч = 0{,}38$ *м*$^3$ по показаниям дражного ваттметра. На рис. 2 приведена подобная диаграмма мощности драги с емкостью черпака $q_ч = 0{,}21$ *м*$^3$, причем мощность записана по показаниям фидерного ваттметра, установленного на электростанции, т. е. с учетом потерь мощности в сети.

Как видно из диаграммы рис. 1, за время работы драги в течение суток максимальная мощность не превосходит 700 *квт*, минимальная 400 *квт*, средняя 580 *квт* (при установленной 830 *квт*). Учитывая в основном одновременную работу всех двигателей драги, можно сделать вывод, что загрузка их, и в первую очередь двигателя глав-

ного привода, является далеко не полной. Неполная загрузка двигателей драги подтверждается данными, приведенными в табл. 3, 4 и 5 [6], представляющими результат недельных наблюдений при работе драг в данных условиях. Указанные данные, таким образом, являются более общими.

Таблица 3

| Название двигателей | Установленная мощность, *л. с.* | Коэффициент загрузки | Потребляемая мощность, *квт* |
|---|---|---|---|
| Главный привод | 400 | 0,6 | 177 |
| Бочка | 100 | 0,96 | 71 |
| Отвалообразователь | 75 | 0,47 | 25,8 |
| Маневровая лебедка | 35 | 0,7 | 18,4 |
| Насос высокого давления | 250 | 0,6 | 110 |
| Насос низкого давления | 75 | 0,96 | 52,6 |
| Двухступенчатый насос | 50 | 0,65 | 24 |

Как видно из табл. 3, коэффициент загрузки двигателя черпакового устройства драги 0,38 $м^3$ составляет всего лишь 0,6; примерно то же самое имеет место для драги 0,21 $м^3$ (табл. 4) и драги 0,154 $м^3$ (табл. 5). Таким образом, данные практики для условий, в которых были сняты нагрузочные диаграммы (к сожалению, отсутствуют данные характера грунтов), свидетельствуют о том, что двигатели загружены не полностью, $\cos\varphi$ драг низкий (ниже 0,7), двигатели используются не полно. Хотя приведенные данные справедливы для условий, в которых они были получены, есть основания по данным практики предполагать, что и в иных условиях работы двигатели драг, как правило, используются не полностью.

Таблица 4

| Название двигателей | Установленная мощность, *л. с.* | Коэффициент загрузки | Потребляемая мощность, *квт* |
|---|---|---|---|
| Главный привод | 200 | 0,75 | 110 |
| Бочка | 60 | 0,4 | 17,7 |
| Отвалообразователь | 50 | 0,4 | 14,7 |
| Маневровая лебедка | 25 | 0,7 | 12,9 |
| Насос высокого давления | 200 | 1,0 | 147 |
| Насос низкого давления | 60 | 0,77 | 34 |
| Двухступенчатый насос | 50 | 0,9 | 33 |

Таблица 5

| Название двигателей | Установленная мощность, *л. с.* | Коэффициент загрузки | Потребляемая мощность, *квт* |
|---|---|---|---|
| Главный привод | 125 | 0,7 | 64,5 |
| Бочка | 40 | 0,6 | 17,7 |
| Отвалообразователь | 15 | 0,5 | 5,5 |
| Маневровая лебедка | 25 | 0,7 | 12,9 |
| Насос высокого давления | 90 | 0,9 | 59,6 |
| Насос низкого давления . . . | 60 | 0,9 | 39,0 |

Из сравнения данных примера с данными фактической загрузки двигателей драги 0,38 $м^3$ видно, что расчетные данные мощности двигателя черпакового устройства являются завышенными по сравнению с данными практики. Расчетная мощность больше на $60 \div 70\%$ фактически потребляемой. Причину такого большого расхождения необходимо искать в том, что определение мощности резания не является точным, на что уже обращалось внимание, и что нагрузочные диаграммы отражают только те условия, при которых они снимались. Во всяком случае даже из приведенного сравнения следует, что нельзя ограничиваться определением мощности расчетным путем, а необходимо ее корректировать по данным нагрузочных диаграмм.

Этот вывод относится не только к драгам, его можно распространить на все экскавационные машины, так как только при таком условии представится возможным достаточно точно определять мощность соответственных двигателей.

Рассмотрим вопрос выбора типа двигателя черпакового устройства. С этой целью строим механическую характеристику по данным выбранного по каталогу асинхронного двигателя. Определим следующие величины.

1. Номинальный момент двигателя:

$$M_{ном} = \frac{975N}{n} = \frac{975 \cdot 320}{490} = 637 \text{ кгм.} \quad (6)$$

2. Момент при работе в грунте класса I определяется из условия, что обороты двигателя в данном случае равны номинальным; это положение вполне реально, так как номинальное скольжение двигателя $s = 1{,}53$.

Тогда

$$M' = M_{ном} \frac{N'}{N} = 637 \frac{300}{320} = 600 \text{ кгм.} \quad (7)$$

3. Момент при работе в грунте класса IV определяется следующим образом:

$$\frac{n''}{n'} = \frac{v_ц''}{v_ц'}; \quad n'' = n' \frac{v_ц''}{v_ц'} = 490 \frac{0{,}33}{0{,}4} \approx 400 \text{ об/мин};$$

$$M'' = \frac{975N''}{n''} = \frac{975 \cdot 285}{400} \approx 690 \text{ кгм.}$$

4. Максимальный момент определяется из условия допустимой перегрузки двигателя, превышение которой должно вызывать его остановку. Необходимо иметь в виду, что по условиям эксплуатации драг возможен пуск черпакового устройства с заполненными черпаками при одновременном внедрении черпаков в грунт (табл. 1).

Полагаем максимальный момент, равный двойному, развиваемому двигателем при работе в грунте класса IV:

$$M_{макс} = 2M'' = 2 \ \ 690 = 1380 \text{ кгм.} \quad (8)$$

Проверяем принятое значение максимального момента на время пуска и ускорения. При условии $M_{дин} = \text{const}$ и $M_{дв} = \text{const}$ во время разгона черпакового устройства из динамики электрического привода имеем выражение для определения времени пуска (разгона):

$$t = \frac{GD^2n}{375M_{дин}} \quad (9)$$

Приведенный к валу двигателя маховой момент $GD^2$ системы определяется следующим образом:

$$GD^2 = GD^2_{\text{рот}} + GD^2_{\text{пер}} + \frac{GD^2_{\text{бар}}}{i_1^2} + \frac{GD^2_{\text{рол}}}{i_2^2} + \frac{364 G_1 v''_{\text{ц}}}{n^2_{\text{дв}}} \qquad (10)$$

Данные маховых моментов частей черпакового устройства сведены в табл. 6.

Таблица 6

| Наименование | Значение махового момента относительно собственной оси вращения, $кгм^2$ | Передаточное число $i$ | Значение махового момента, приведенного к валу двигателя, $кгм^2$ |
|---|---|---|---|
| Ротор двигателя | 1600 | | 1600 |
| Передача . . | — | | 640 |
| Верхний и нижний барабаны . | 10 000 | 127 | 0,62 |
| Подчерпачные ролики . | 18 700 | 25 | 30 |
| Черпаковая цепь с заполненными черпаками. | | | 45 |

Приведенный маховой момент всей системы равен:

$$GD^2 = 1600 + 640 + 0{,}62 + 30 + 45 = 2315\ кгм^2.$$

Время разгона на основании выражения (9) следующее:

$$t'' = \frac{2315 \cdot 400}{375 \cdot 690} = 3{,}6 \text{ сек.}^1$$

Если не учитывать маховой момент барабанов, подчерпачных роликов, черпаков с грунтом, так как маховой момент их незначителен по сравнению с маховым моментом ротора двигателя и передачи (табл. 6), то время разгона составит 3,5 сек., т. е. разница всего лишь в 3%. Поэтому при определении времени разгона черпакового устройства драг достаточно определить и учесть маховой момент ротора двигателя и передачи, что, естественно, облегчает расчетную часть.

Соответствующее этому времени среднее ускорение черпакового устройства составит:

$$a'' = \frac{v_{\text{ц}}''}{t} = \frac{0{,}33}{3{,}6} = 0{,}92\ м/сек^2. \qquad (11)$$

Время разгона и ускорения применительно к грунту класса I будет:

$$t'' = \frac{2240 \cdot 490}{375 \cdot 600} = 5 \text{ сек.},$$

$$a'' = \frac{0{,}4}{5} = 0{,}8\ м/сек^2.$$

Полученные данные времени разгона и ускорения свидетельствуют о том, что двигатель вполне справится с нагрузкой во время пуска по условиям допустимой электрической перегрузки; 100-процентная перегрузка в течение 3,5÷5 сек. не является опасной для двигателя.

[1] Так как при пуске $M_{\text{макс}} = 2M''$, а $M_{\text{дв}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}$, то $M_{\text{дин}} = M'' = 690\ кгм$.

На основании полученных выше данных построить единую механическую характеристику применительно к принятому асинхронному двигателю, которая удовлетворяла бы требованиям экскаваторной характеристики, к сожалению, не представляется возможным, так как необходимое изменение числа оборотов в рассматриваемом случае в пределах 400÷490 может быть достигнуто только с помощью реостата в цепи ротора.

Асинхронный двигатель с контактными кольцами при работе драги в грунтах класса I будет работать на автоматической характеристике I, которая представлена на рис. 3, при выведенном реостате из цепи ротора.

При работе в тяжелых грунтах (класс IV) с целью исключения длительной перегрузки двигателя в цепь ротора вводится реостат, что уменьшает обороты двигателя в рассматриваемых условиях до 400 в минуту. Следовательно, в данных условиях двигатель будет работать уже на другой характеристике (рис. 3, IV). Заштрихованная площадка между двумя характеристиками условно представляет потери энергии в реостате, которые будут пропорциональны изменению скорости двигателя. Поэтому при работе драги в тяжелых грунтах всегда имеют место непроизводительные потери электроэнергии в реостате, что влечет за собой увеличенный расход электроэнергии,. удорожание себестоимости добытого грунта.

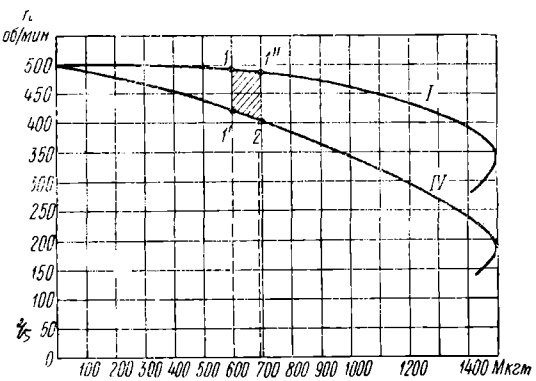



Рис. 3

Таким образом, асинхронный двигатель с контактными кольцами по указанным причинам не удовлетворяет требованиям привода черпакового устройства драги. Кроме того, наличие неустойчивой ветви характеристики асинхронного двигателя также не отвечает требованию экскаваторной характеристики. Поэтому асинхронный двигатель с контактными кольцами нельзя рекомендовать в качестве привода черпакового устройства драги, хотя двигатели данного типа повсеместно на драгах применяются.

Наиболее подходящим типом электрического привода черпаковой цепи драги следует считать систему привода постоянного тока — „трехфазный сетевой двигатель — трехобмоточная генераторная группа" (Г-Д), которая лишена недостатков системы асинхронного двигателя.

Как известно, в системе Г-Д можно осуществлять непрерывное автоматическое регулирование числа оборотов рабочего двигателя (в зависимости от характера драгируемого грунта) применением электромашинного регулятора или электромашинного усилителя. Это, как явствует из примера работы одноковшевых экскаваторов [3], увеличит производительность драги.

В качестве примера на рис. 4 представлена принципиальная схема привода черпаковой цепи с применением электромашинного регулятора. Подробное описание схемы дается в труде С. А. Алаторцева [3], где она приводится для одноковшевого экскаватора и откуда нами заим-

ствована. В данной схеме возможно как автоматическое регулирование обмоткой *3* регулятора *Рег.*, так и ручное, обмоткой *1* с помощью соответственного аппарата управления *АУ*, например, командоконтрол-

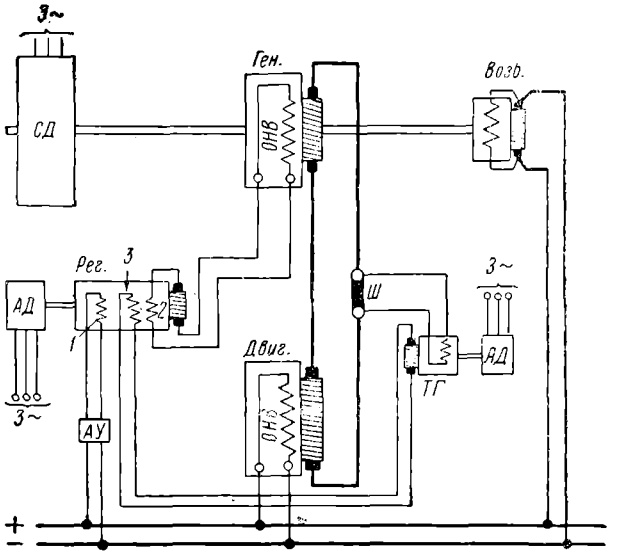



Рис. 4

лера. На рис. 5 представлено семейство механических характеристик рабочего двигателя [3]. Как известно, регулирование скорости двигателя в системе Г-Д осуществляется почти без потерь. Обмотка *3* регулятора *Рег.* может питаться непосредственно от шунта *Ш*, без токоограничивающего генератора *ТГ*

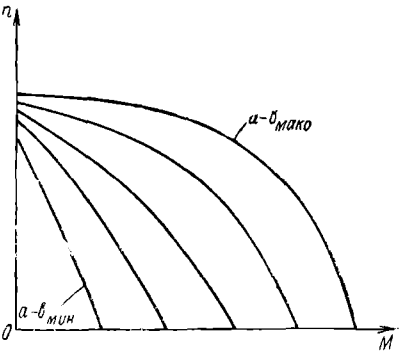



Рис.

Имея в виду большое количество асинхронных двигателей различной мощности, превосходящее (на драгах 0,38 $м^3$) 30 штук (причем многие из них являются недогруженными, что обычно обусловливает низкий $\cos\varphi$ — иногда меньше 0,7), в качестве сетевого двигателя *СД* можно рекомендовать применение синхронного, что благоприятно скажется на коэффициенте мощности драги.

Таким образом, применение системы Г-Д с электромашинным регулятором или с электромашинным усилителем вместо асинхронного двигателя с контактными кольцами имеет следующие преимущества:

1) уменьшение удельного расхода электроэнергии, снижение себестоимости добываемого грунта;

2) возможность осуществления непрерывного автоматического регулирования вместо ручного; число оборотов двигателя черпакового устройства зависит от характера грунта;

3) повышение производительности драги благодаря высокой чувствительности аппаратов автоматизации;

4) применение в качестве сетевого двигателя синхронного резко повышает $\cos\varphi$ драги и уменьшает расходы на оплату электроэнергии;

5) отсутствие остановки и пуска двигатель-генераторной группы при остановках и пусках по ходу работы черпаковой цепи. Осуществление же пуска самого двигателя в системе Г-Д происходит плавно и без пиков нагрузки со стороны сетевого двигателя, в то время как пуск асинхронного двигателя с контактными кольцами, работающего в качестве черпакового двигателя на драгах 0,38 $м^3$, 0,21 $м^3$ и 0,154 $м^3$, вызывает пики тока от $2^1/_2$ до $3^1/_2$-кратного значения номинального [6].

В заключение необходимо указать, что наличие трех агрегатов в системе Г-Д вместо одного в системе с асинхронным двигателем если и вызывает увеличение единовременных капитальных затрат, то они, учитывая перечисленные выше преимущества системы Г-Д перед системой трехфазного асинхронного двигателя в применении к драгам, с избытком окупятся.

Таким образом, на основании всего изложенного можно притти к следующему заключению:

1. Для целей более обоснованного выбора мощности двигателя черпакового устройства драги необходимо располагать как данными физических свойств неоднородных грунтов, так и нагрузочными диаграммами, которые, к сожалению, имеются еще в недостаточном количестве.

2. По условиям режима работы в качестве привода черпакового устройства драги целесообразнее применять систему привода постоянного тока Г-Д, а не систему привода с асинхронным трехфазным двигателем с контактными кольцами, которая в настоящее время применяется на большинстве драг.

Поступило 10/IV—51

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашевич А. А., Проектирование драг и их устройств, Докторская диссертация, Кораблестроительный институт, Ленинград, 1950.
2. Зеленин А. Н., Физические основы теории резания грунтов, АН СССР, 1950.
3. Алаторцев С. А., Рудничная электроэнергетика открытых горных разработок, Металлургиздат, 1950.
4. Зубрилов Л. Е., Основы дражного дела, Металлургиздат, 1948.
5. Пресс С. А., Электрическое оборудование экскаваторов, 1938.
6. Короленко К. Н., Россыпи и Руды, Электрические драги, № 6—7, 1931.
7. Ветров Ю. А., Дионисьев А. И., Сопротивление горных пород резанию, Труды ВУГИ, Углетехиздат, 1951.
8 Бычков Н. П., Дноуглубительные снаряды, Речиздат, 1941.
9. Морозов Д. П., Основы электропривода, Госэнергоиздат, 1950.