

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ТИИИМСХ)

Инж. МАШКОВ В. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ
ВОДОПОДЪЕМНИКОВ И НЕКОТОРЫЕ
ВОПРОСЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ШАХТНЫХ
КОЛОДЦАХ В ПУСТЫНЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ТАШКЕНТ — 1958

A-1

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
(САНИИРИ)

Реферируемая работа выполнена в лаборатории гидравлических машин САНИИРИ под руководством заведующего лабораторией, кандидата технических наук Баранова В. А. Она состоит из четырех глав на 140 страницах и приложений на 40 страницах. Работа содержит 33 таблицы и иллюстрирована 72 графиками, фотографиями и чертежами.

138292.
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Киргизской ССР.

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XX съезда партии и шестым пятилетним планом предусмотрено для расширения кормовой базы общественного животноводства обводнить 80 миллионов гектаров земель в маловодных районах нашей страны. Из этих 80 миллионов га 63 миллиона (т. е. почти 80%) приходится на республики Средней Азии и Казахстан, большая часть территории которых расположена в зоне пустынь и полупустынь. На пустынных пастбищах важнейшим, а часто и единственным источником водоснабжения для животноводства являются грунтовые воды. Забор грунтовых вод в основном производится с помощью шахтных колодцев, которых насчитывается на пастбищах в Средней Азии и Казахстане более 50 тысяч. За шестую пятилетку будет построено еще более 10-ти тысяч шахтных колодцев.

Подъем воды из шахтных колодцев в настоящее время относится к числу самых трудоемких процессов в отгонном животноводстве. Из большинства колодцев вода поднимается с помощью ковги, т. е. кожаного или брезентового мешка, который на тросе вытягивается из колодца с помощью силы животного (в основном верблюда). Такой способ подъема воды ввиду низкой производительности труда не может удовлетворить потребности в воде интенсивно развивающегося общественного животноводства.

Выполнение задачи по обводнению маловодных районов, поставленной шестым пятилетним планом, требует неотложно разрешить вопрос механизации подъема воды из шахтных колодцев.

В целях ознакомления с конструкциями колодцев и установленными на них водоподъемными механизмами, а также для изучения способов и режимов их эксплуатации в пустынях нами были проведены натурные обследования водоис-

точников в Центральных Кызыл-Кумах, на Келесских пастбищах, в пустыне Бетпак-Дала, песках Муюн-Кум и пустыне Кара-Кумы. Особое внимание было уделено колодцам с механизированным подъемом воды. Всего было обследовано более 100 водоисточников.

Многочисленные неудачные попытки механизировать подъем воды из шахтных колодцев в пустынных районах Средней Азии с помощью поршневых насосов различных конструкций и других типов водоподъемных средств свидетельствуют о том, что специфические условия эксплуатации механизмов в этих районах полностью не учитывались при проектировании водоподъемных агрегатов. Поэтому до настоящего времени на пастбищах в Средней Азии колодцы с механизированным подъемом воды составляли менее одного процента от их общего числа. На остальных колодцах вода поднималась с помощью ковги, а на мелких колодцах даже вручную.

Обширность территории пастбищ, рассредоточенное расположение колодцев, трудно проходимые дороги, удаленность от ремонтных баз и почти полное отсутствие технических навыков у чабанов, выдвигают на первый план такие качества водоподъемных механизмов, как простота устройства; долговечность всех узлов, нетребовательность к уходу и, что основное, способность длительное время работать без квалифицированного технического надзора.

Проведенные обследования, изучение литературных источников и опыта производственных организаций по вопросам механизации подъема воды из шахтных колодцев, а также анализ основных факторов, влияющих на выбор рационального типа водоподъемных установок в условиях пустынь и полупустынь дали возможность выявить основные технические требования, которые должны предъявляться к механизмам и машинам, предназначенным для подъема воды из шахтных колодцев на отгонных пастбищах в Средней Азии.

Технические требования к водоподъемникам для отгонных пастбищ Средней Азии

Водоподъемники, предназначенные для подъема воды из шахтных колодцев на отгонных пастбищах Средней Азии должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

1. Простота конструкции и обслуживания водоподъемников должны позволять производить все виды их ремонтов

в условиях передвижных мастерских или МТС, а эксплуатацию водоподъемных установок и уход за ними возложить, в основном, на чабанов.

2. Водоподъемники должны быть надежны в работе и обладать способностью длительное время работать без квалифицированного технического ухода и надзора.

3. Долговечность всех узлов водоподъемника должна обеспечивать бесперебойную работу установки в течение всего года (или сезона).

4. Монтажные работы при установке или ремонте водоподъемника должны производиться, в основном, на поверхности земли. Работы в глубине колодца должны быть сведены до минимума, или вообще отсутствовать.

Выполнение технического требования, указанного в этом пункте, дает возможность использовать водоподъемники на колодцах старой конструкции, монтажные работы в глубине которых производить крайне опасно из-за возможности обвала.

5. Рабочие органы водоподъемников и другие смачиваемые части (особенно трущиеся) должны быть стойкими против истирающего воздействия песка и коррозии при агрессивных водах.

6. Длительные простои не должны влиять на работоспособность водоподъемника.

7. Водоподъемник должен сохранять рабочее состояние, как при высоких, так и при низких температурах окружающей среды.

8. Водоподъемник при работе не должен передавать знакопеременные нагрузки на стенки шахты колодца.

9. Монтаж и транспортировка водоподъемника должны быть как можно проще.

10. Водоподъемник должен обладать способностью работать на большом диапазоне глубин колодцев.

11. Желательно, чтобы производительность водоподъемника была по возможности регулируемой и составляла не менее 0,5 л/сек.

Одними из наиболее полно удовлетворяющих этим требованиям, по нашему мнению, являются шнуровые водоподъемники.

1. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ ВОДОПОДЪЕМНИКОВ

Шнуровые водоподъемники представляют собой бесконечную нить, выполненную в виде шнура, цепи, проволоочной

спирали, троса и т. п., перекинутую через два блока, один из которых (верхний) является ведущим. Нижний блок, охватываемый нитью, опускается в воду. Верхнему блоку придается быстрое вращение, которое передается бесконечной нити. Восходящая ветвь тащит за собой прилипшие к ее поверхности частицы воды, которые в свою очередь увлекают слой воды, прилегающий к ним. При обегании верхнего блока вода под действием центробежной силы сбрасывается с нити в водоприемник.

Водоподъемник, основанный на этом принципе, был изобретен во Франции в 1782 г. механиком Верá. Над разработкой конструкции такого типа водоподъемника в конце XIX столетия работали выдающиеся русские инженеры и ученые В. Г. Шухов и Н. Е. Жуковский.

В 1910 году был произведен удачный опыт применения такого водоподъемника на нефтепромыслах в г. Баку.

Однако эти работы широкого практического применения не нашли.

В 1910 г. Бессоне Фавр использовал идеи Верá и Н. Е. Жуковского и предложил водоподъемник под названием Шен-Эллис. Рабочим органом этого водоподъемника служила цепь, на которую были надеты спирали из проволоки.

Со времени появления первого водоподъемника Верá было предложено большое количество других типов шнуровых водоподъемников. Все они имели, примерно, одну и ту же кинематическую схему и отличались только конструкцией рабочего органа.

Общим недостатком рабочих органов водоподъемников, построенных по схеме Верá, являлось наличие объемных потерь (разбрызгивания) на восходящей ветви рабочего органа. Объемные потери, пропорциональные высоте подъема, не давали возможности применять эти водоподъемники на глубоких колодцах, так как на колодцах глубиной более 25—30 метров работа водоподъемников становилась нерентабельной из-за малой производительности.

В 1951—53 г. В. А. Барановым было предложено использовать в качестве рабочего органа перфорированный прорезиненный ремень.

Проведенные нами исследования показали, что этот рабочий орган не имеет вышеупомянутого недостатка рабочих органов других шнуровых водоподъемников. Это обстоятельство заставило нас обратить особое внимание на изучение этих водоподъемников, которые получили название ленточных.

Теория шнуровых водоподъемников была разработана Н. Е. Жуковским в 1901 году. Однако эта теория, к сожалению, в то время не была опубликована. Теория была восстановлена учеником Н. Е. Жуковского акад. Лейбензоном лишь в 1924 году.

Некоторые вопросы теории подъема воды круглым шнуром, разработанной Н. Е. Жуковским и Л. С. Лейбензоном, были экспериментально подтверждены работами Д. Е. Евтихеева и А. И. Лаврентьева.

Условия работы сил трения между слоями жидкости в потоке на поверхности плоской ленты несколько отличаются от условий работы этих сил в цилиндрическом слое, окружающем круглый шнур.

Нами была предпринята попытка теоретического анализа рабочего процесса подъема воды плоской лентой. Выделим в слое воды на ленте элементарный объем в виде прямоугольного параллелепипеда (рис. 1). Начало координат расположим на поверхности ленты. На внутреннюю поверхность слоя жидкости действует направленная параллельно оси Z сила

$$T = b \cdot l \cdot \mu \cdot \frac{dw}{dx}, \quad (1)$$

где b — ширина ленты, l — высота параллелепипеда, w — скорость движения элементарного слоя, dx — расстояние между элементарными слоями жидкости, μ — коэффициент динамической вязкости жидкости.

На наружную поверхность слоя действует сила

$$T_1 = T - dT \quad (2)$$

Ввиду того, что давление на верхнюю и нижнюю плоскости параллелепипеда одинаково, на элементарный объем действуют только две силы: сила трения слоев жидкости и сила тяжести, которые должны находиться в равновесии, т. е.

$$T - T_1 - \gamma \cdot b \cdot l \cdot dx = b \cdot l \cdot d\left(\mu \frac{dw}{dx}\right) - \gamma \cdot b \cdot l \cdot dx = 0, \quad (3)$$

или
$$d\left(\mu \frac{dw}{dx}\right) = \gamma \cdot dx. \quad (4)$$

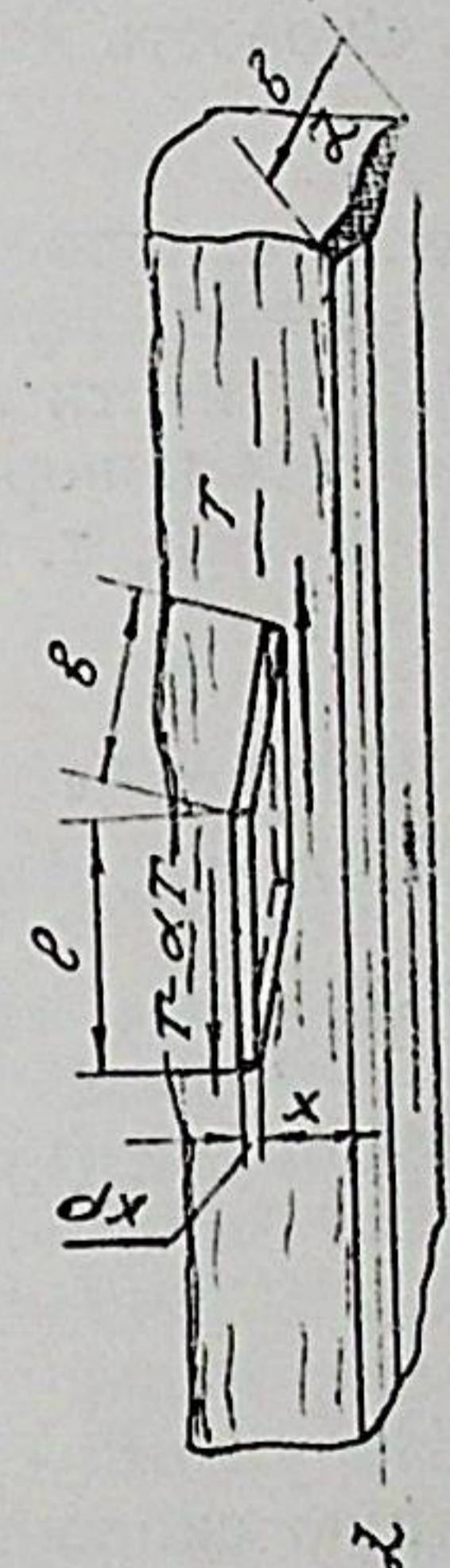


Рис. 1.

Элементарный объем в слое жидкости на ленте.

Интегрирование дает: $\frac{dw}{dx} = \frac{\gamma}{\mu}(x + C_1)$ (5)

Умножая на dx и интегрируя, получим:

$$w = \frac{\gamma}{\mu} \left(\frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2 \right) \quad (6)$$

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 имеем следующие граничные условия:

1. У поверхности ленты при $x = x_1 = 0$

Скорость движения слоя воды w_1

$$w_1 = \xi \cdot v, \quad (7)$$

где v — скорость движения ленты,

ξ — коэффициент скольжения слоя жидкости по поверхности ленты.

2. На поверхности потока жидкости, поднимаемого лентой $T_1 = 0$, т. е.

$$\frac{dw}{dx} = 0 \quad (8)$$

при $x = x_2$

Подстановки в формулы (7) и (8) значений w и $\frac{dw}{dx}$

дает: $C_1 = -x_2$ (9) $C_2 = \frac{\mu}{\gamma} \cdot \xi \cdot v$ (10)

Формула (6) приобретает вид:

$$w = \frac{\gamma}{\mu} \left(\frac{x^2}{2} - x_2 \cdot x \right) + \xi \cdot v \quad (11)$$

Наружный слой потока жидкости на ленте имеет абсолютную скорость движения, близкую к нулю, т. е. скорость его движения относительно ленты очень мало отличается от скорости движения ленты. Толщина слоя воды на ленте может быть определена из условия $w = 0$ при $x = x_2$

Подставляя значения w (11), получим:

$$x_2 = \sqrt{2 \frac{\mu}{\gamma} \cdot \xi \cdot v}. \quad (12)$$

Расход потока на ленте, имеющей бесконечно малую толщину, будет определяться как:

$$Q = 2b \int_0^{x_2} w \cdot dx. \quad (13)$$

Подставляя значение w и производя интегрирование, получим:

$$Q = 2bx_2 \left(\xi \cdot v - \frac{x_2^2}{3} \cdot \frac{\gamma}{\mu} \right) \quad (14)$$

С другой стороны:

$$Q = F \cdot w_{\text{ср}} = 2bx_2 \cdot w_{\text{ср}} \quad (15)$$

Значит:

$$w_{\text{ср}} = \xi \cdot v - \frac{x_2^2}{3} \cdot \frac{\gamma}{\mu} \quad (16)$$

Подставляя значения x_2 (12) в (16), получим:

$$w_{\text{ср}} = \frac{1}{3} \xi \cdot v \quad (17)$$

Подстановка значения w в формулу (15) дает:

$$Q = \frac{2}{3} b \cdot x_2 \cdot \xi \cdot v \quad (18)$$

или

$$Q = 0,94b(\xi \cdot v)^{3/2} \cdot \left(\frac{\mu}{\gamma} \right)^{1/2}, \quad (19)$$

или

$$Q = 0,94b(\xi \cdot v)^{3/2} \cdot \left(\frac{v}{g} \right)^{1/2}, \quad (20)$$

где ν — кинематический коэффициент вязкости жидкости.

Гидравлический коэффициент полезного действия при подъеме жидкости лентой (по терминологии акад. Л. С. Лейбензона „коэффициент наполнения“), согласно теории Жуковского-Лейбензона равен отношению средней абсолютной скорости движения потока на ленте к скорости движения ленты, т. е.

$$\eta_r = \frac{w_{\text{ср}}}{v} \quad (21)$$

Подставляя значения $w_{\text{ср}}$ из (17) в (21), получим для плоской ленты:

$$\eta_r = \frac{1}{3} \xi \quad (22)$$

Таким образом, предлагаемая нами теория рабочего процесса подъема воды гладкой лентой при ламинарном режиме потока на ней дает возможность аналитически определить производительность ленты, толщину потока жидкости на ней и коэффициент полезного действия в зависимости от скорости движения ленты и вязкости поднимаемой жидкости. Как показали лабораторные исследования, коэффициент ξ для практических расчетов может быть принят равным единице.

Для проверки теоретических выводов и практического изучения рабочего процесса подъема воды лентой, движущейся вертикально вверх, нами в лабораторных условиях были проведены исследования работы ленточного водоподъемника с тремя рабочими органами в виде лент различной шероховатости ($\Delta_{1cp} = 0,08 - 0,012$ мм; $\Delta_{2cp} = 0,18 - 0,2$ мм и $\Delta_{3cp} = 1,5$ мм). Лента, имеющая $\Delta_{cp} = 0,18 - 0,2$ мм, представляла собой стандартный прорезиненный ремень.

В виду малой толщины потока воды на ленте непосредственное измерение скоростей по поперечному сечению потока представляет значительные трудности. Так же трудно поддается непосредственному измерению толщина слоя воды на ленте, ввиду пульсации ремня. Поэтому определение этих величин производилось косвенно по несущей способности рабочего органа (K), т. е. по количеству воды, находящейся на одном погонном метре восходящей ветви рабочего органа водоподъемника.

Несущая способность лент определялась на лабораторной установке путем измерения объема воды, находящейся на восходящей ветви ленты.

При установившемся режиме работы водоподъемника, изготовленный специально для этой цели прибор защемлял ленту и изолировал верхний участок ленты, с которого собиралась вода, от нижнего участка. Одновременно со срабатыванием прибора производилась резкая остановка ленточного водоподъемника с помощью тормозного устройства. Длина участка ленты, с которого собиралась вода, составляла 5,5—6 м. С момента срабатывания прибора до полной остановки подъемника лента при самых высоких скоростях движения успевала продвинуться всего на 0,4—0,5 метра.

Вес воды, собранной в приборе (P), поделенный на длину участка (l), с которого собрана вода, представляет собой несущую способность данной ленты при данной скорости, т. е.

$$K = \frac{P}{l} \quad (23)$$

Скорость движения ленты определялась по времени пяти полных ее оборотов. По времени наполнения мерительного сосуда (объемным способом) измерялась производительность водоподъемника. Вода, не сброшенная в корпусе водоподъемника, снималась с нисходящей ветви ленты с помощью двух шарнирно скрепленных реек, армированных губчатой резиной. Эти объемные потери измерялись также объемным способом. Средняя толщина слоя воды на ленте определялась по формуле

$$b = \frac{K}{\gamma\Pi}, \quad (24)$$

где K — несущая способность,
 Π — смачиваемый периметр поперечного сечения ленты,
 γ — удельный вес воды.

Средняя абсолютная скорость движения потока воды на восходящей ветви ленты определялась по формуле:

$$w_{cp} = \frac{Q\gamma}{K}, \quad (25)$$

где Q — производительность ленты.

В результате проведенных исследований было установлено, что:

1. Фактические зависимости (рис. 2 и 3) производительности водоподъемника и толщины слоя воды на ленте от скорости движения ленты (т. е. $Q = f(v)$ и $x_2 = \varphi(v)$) при небольших скоростях ленты, т. е. в зоне ламинарного движения потока жидкости на ней, почти совпадают с теоретическими зависимостями (12 и 19), причем шероховатость ленты почти не влияет на производительность водоподъемника.

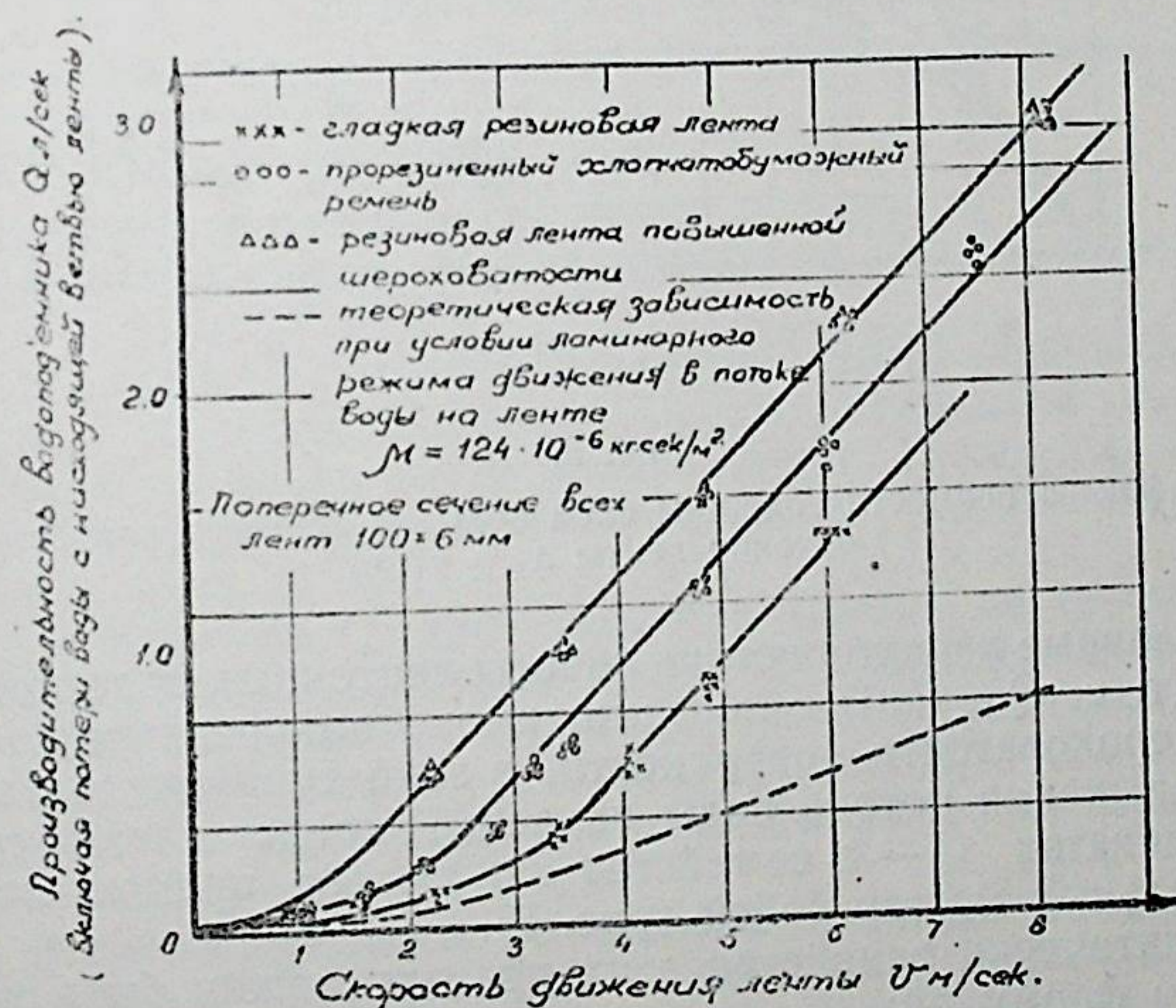


Рис. 2.

График зависимости производительности ленточных водоподъемников от скорости движения ленты $Q = f(v)$.

2. В зоне турбулентного режима движения потока жидкости на ленте характеристики $Q = f(v)$ и $x_2 = \varphi(v)$ резко отклоняются от теоретических зависимостей в сторону более высокой производительности и большей толщины слоя, причем отклонение характеристик лент с шероховатой поверхностью начинается при более низких скоростях движения чем гладкой ленты.

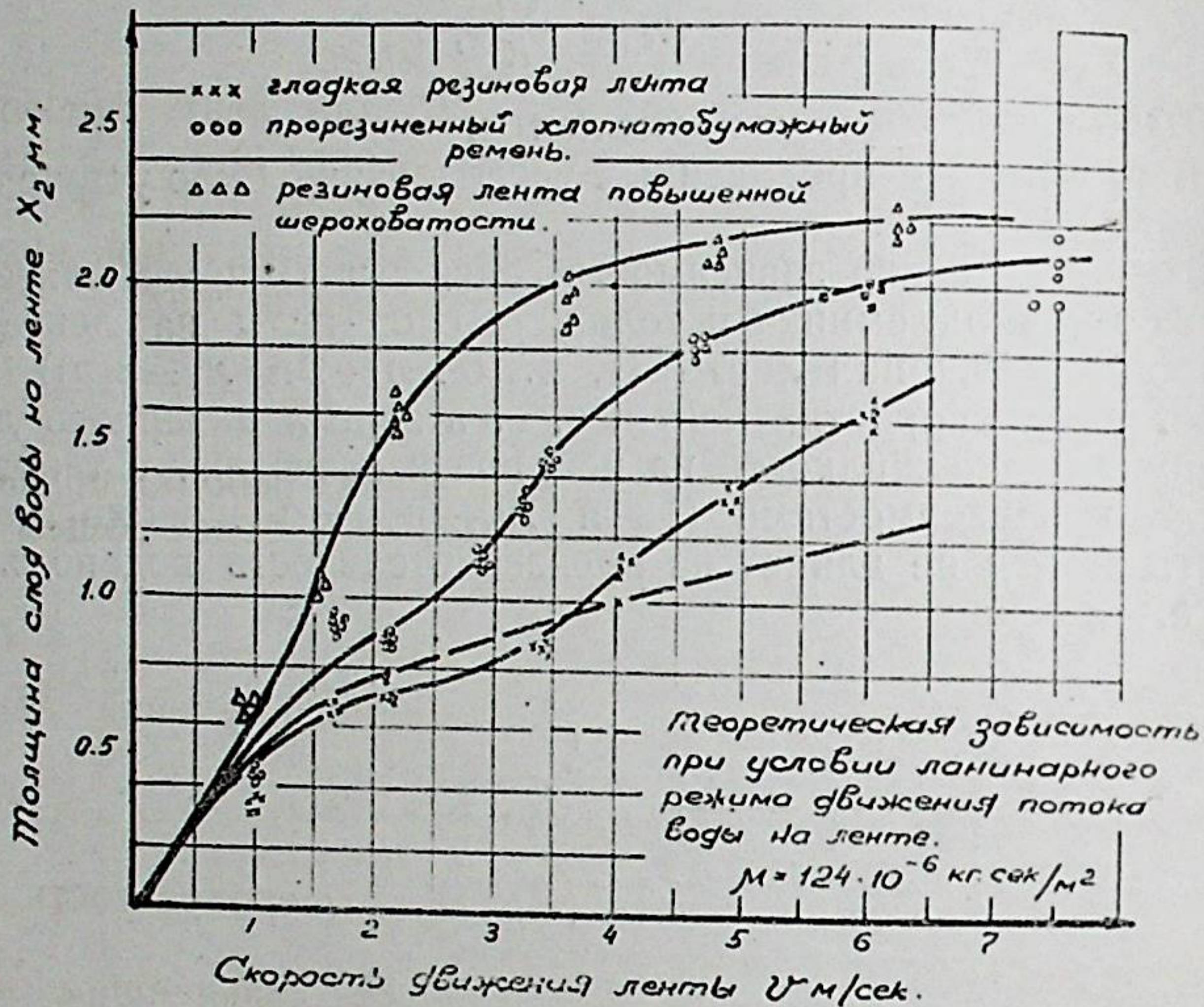


Рис. 3.

График зависимости толщины слоя воды на ленте от скорости движения ленты $x_2 = \varphi(v)$.

3. Главные характеристики работы ленточных водоподъемников (т. е. $Q = f(v)$) с лентами, имеющими различную степень шероховатости поверхности, в зоне турбулентного режима движения потока воды на ленте представляют собой в координатах $Q - v$ семейство наклонных прямых линий, параллельных между собой (рис. 2).

Аналитически семейство этих прямых может быть представлено формулой:

$$Q = Av - BШ, \quad (26)$$

где A и B — постоянные величины,

$Ш$ — коэффициент, характеризующий шероховатость поверхности ленты.

Если принять для практически гладкой ленты ($\Delta_{ср} = 0,008 - 0,012$) коэффициент $Ш$ равным единице, то аналитическое выражение главной характеристики ленточного водоподъемника с гладкой лентой примет вид:

$$Q = 0,45v - 1,33, \quad (27)$$

где Q — производительность в л/сек,
 v — скорость движения ленты в м/сек.

В этом случае коэффициенты $Ш$ для лент, имеющих среднюю величину выступов шероховатости $\Delta_{ср} = 1,5$ мм и $\Delta_{ср} = 0,2$ мм соответственно будут равны 0,373 и 0,675. Подстановка числовых коэффициентов дает следующие аналитические выражения для производительности лент:

$$\Delta_{ср} = 1,5 \text{ мм} \quad Q = 0,45 v - 0,495 \quad (28)$$

$$\Delta_{ср} = 0,2 \text{ мм} \quad Q = 0,45 v - 0,9 \quad (29)$$

Эти формулы получены при исследованиях рабочих органов, имеющих смачиваемый периметр 0,21 м. В более общем виде они могут быть представлены в виде:

$$Q = П(2,14v - 6,33Ш) \quad (30)$$

где $П$ — смачиваемый периметр поперечного сечения ленты в м,

v — скорость движения ленты в м/сек,

Q — производительность ленты в л/сек,

$Ш$ — коэффициент, характеризующий шероховатость поверхности ленты.

4. В диапазоне высоких скоростей при дальнейшем возрастании скорости движения ленты увеличение толщины слоя воды на ленте почти прекращается. Кривые $x_2 = \varphi(v)$ асимптотически приближаются к прямой, соответствующей значению $x_2 \approx 2,4$ мм.

5. Зависимость средней скорости потока на ленте ($w_{ср}$) от скорости движения лент (рис. 4) различной шероховатости в зоне ламинарного режима представляет собой в координатах $w_{ср} - v$ прямую линию, проходящую через начало координат и имеющую угловой коэффициент приблизительно равный $1/3$.

6. В зоне турбулентного режима движения потока зависимость $w_{ср} = \varphi(v)$ для лент с различной шероховатостью поверхности представляет собой семейство прямых линий, имеющих угловой коэффициент, равный 0,77 — 0,85 в зависимости от шероховатости ленты.

7. Гидравлический коэффициент полезного действия про-

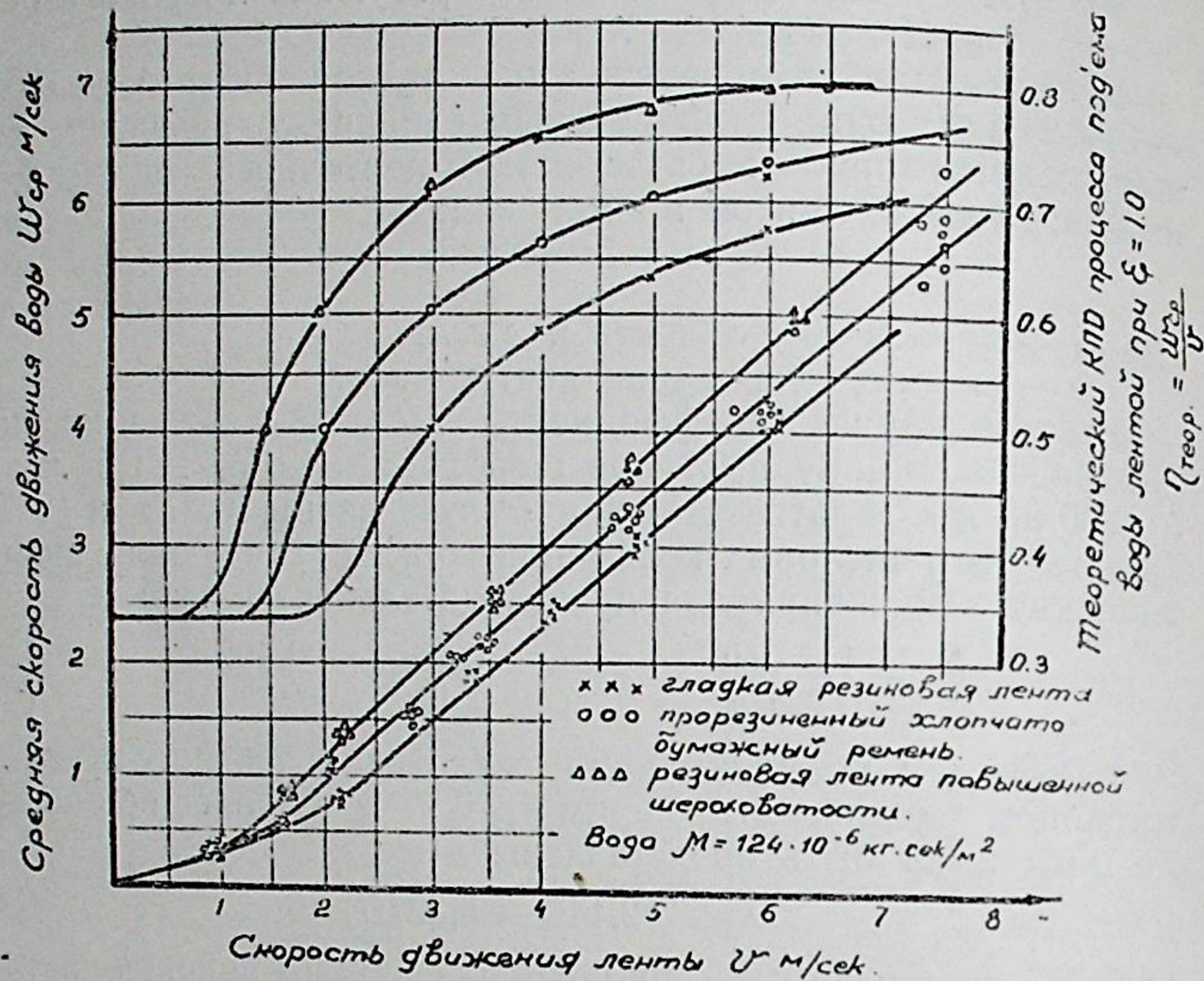


Рис. 4.

График зависимости средней скорости движения потока воды на ленте от скорости движения ленты $w_{ср} = \varphi(v)$.

цесса подъема воды лентой (по терминологии акад. Лейбена зона „коэффициент наполнения“) $\eta_r = \frac{w_{ср}}{v}$ с увеличением скорости ленты непрерывно возрастает. Значения η_r довольно резко увеличиваются до скорости ленты 3,5—4 м/сек и затем при дальнейшем возрастании скорости КПД растет значительно медленнее. Из этого следует, что скорость движения рабочих органов ленточных водоподъемников должна быть выше 4 м/сек.

8. При турбулентном режиме движения потока жидкости на ленте нарушается второе граничное условие вывода формул 12 и 19 ($w=0$ при $x=x_2$), т. е. абсолютная скорость на поверхности потока получает конечное значение, возрастающее при увеличении скорости ленты. В области квадратичного сопротивления (λ не зависит от Re) толщина слоя воды на лентах с увеличением скорости почти не изменяется, хотя поток имеет для этого энергетические возможности ($v_{пов} > 0$).

9. Анализ структуры потока воды на лентах различной шероховатости показал, что: а) изменение значения λ в зависимости от чисел Рейнольдса и относительной шероховатости поверхности в вертикальном потоке происходит аналогично плоским горизонтальным потокам;

б) поверхностные скорости в слое воды на ленте, вычисленные по фактической средней скорости с помощью формул, рекомендованных для плоских потоков, мало отличаются от полученных непосредственным измерением.

Приведенные сравнения дают некоторые основания полагать, что поток воды на ленте при больших скоростях ее движения можно рассматривать как обычный плоский поток с уклоном $J=1,0$.

Оценка качества ленты, как рабочего органа ленточного водоподъемника, может быть произведена следующим образом:

а) измеряется средняя высота выступов шероховатости на поверхности ленты ($\Delta_{ср}$);

б) по графику $Ш = f_1(\Delta_{ср})$ определяется величина $Ш$;

в) по формуле (30) после подстановки значения $Ш$ определяется производительность ленты при данном режиме;

г) по графику $x_2 = \varphi(v)$ интерполяцией определяют толщину слоя воды на ленте при данном режиме;

д) по формуле $w_{ср} = \frac{Q}{2bx_2}$ (b — ширина ленты) определяют среднюю абсолютную скорость потока воды на ленте;

е) соотношение $\frac{w_{ср}}{v}$ определяет гидравлический коэффициент полезного действия процесса подъема воды лентой (коэффициент наполнения).

Расхождение расчетных данных, вычисленных по этому методу, с фактическими не превышает 10% при $3 < v < 8$ м/сек.

В результате лабораторных исследований нами были определены зависимости основных потерь при работе водоподъемника от режима его работы и параметров колодца. Это дало возможность составить балансы мощности ленточных водоподъемников при работе их на колодцах любой глубины.

На рис. 5 и 6 графически представлены балансы мощности ленточных водоподъемников на колодцах, глубиной 10 и 100 метров, при заглублении рабочего органа равном 1 м.

Анализ балансов мощности дает основание утверждать, что КПД ленточных водоподъемников увеличивается при увеличении высоты подъема воды, скорости движения ленты и уменьшении величины заглубления ленты под горизонт воды.

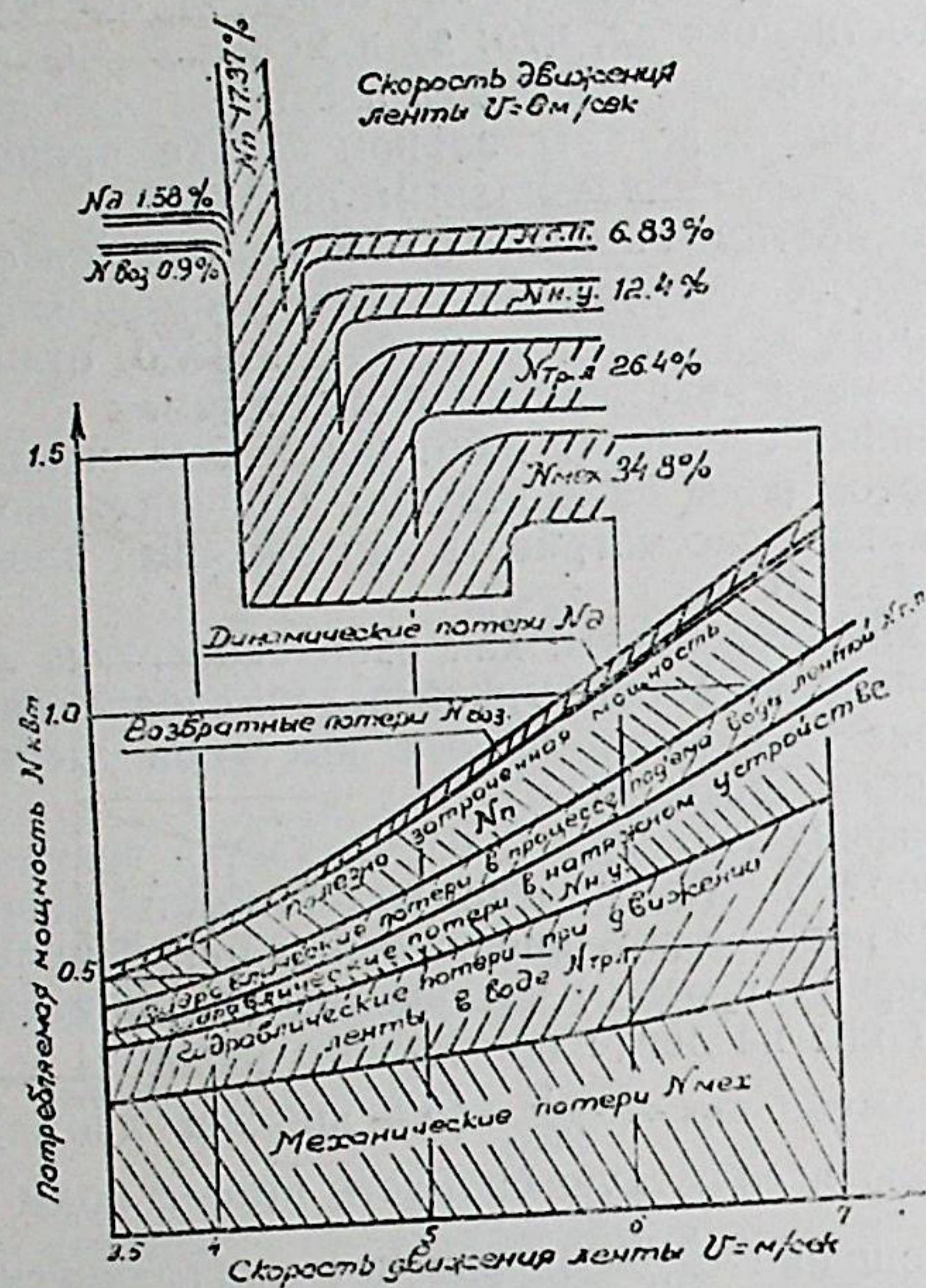


Рис. 5.

Баланс мощности ленточного водоподъемника с рабочим органом в виде стандартного прорезиненного ремня сечением 100×6 мм. Высота подъема воды $H = 10$ м. Заглубление ленты $h = 1,0$ м

Коэффициенты полезного действия ленточных водоподъемников при работе на колодцах различной глубины, взятые по балансам мощностей, приведены в таблице № 1.

Таблица № 1

КПД ленточных водоподъемников

Характеристика рабочих органов	Глубина колодцев в м						
	20	40	60	80	100	150	200
Гладкая резинов. лента .	0,24	0,35	0,42	0,46	0,49	0,55	0,56
Прорезиненный ремень .	0,25	0,38	0,45	0,51	0,54	0,58	0,59
Шероховатая лента . .	0,28	0,41	0,52	0,57	0,6	0,64	0,65

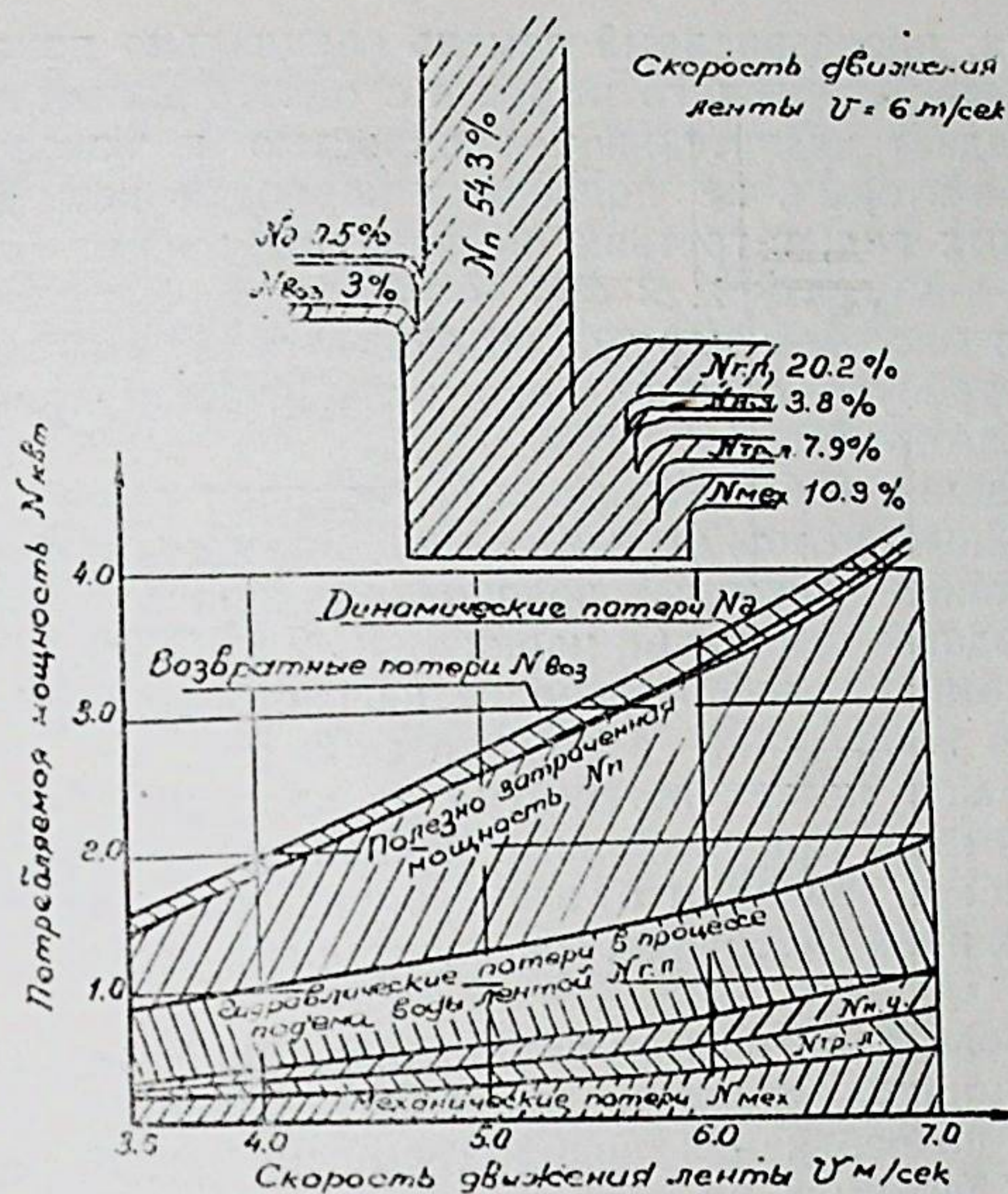


Рис. 6.

Баланс мощности ленточного водоподъемника с рабочим органом в виде стандартного прорезиненного ремня сечением 100×6 мм. Высота подъема воды $H = 100$ м. Заглубление ленты $h = 1,0$ м

Увеличение КПД ленточного водоподъемника при возрастании высоты подъема воды объясняется тем, что механические потери, гидравлические потери на трение ленты при движении ее в воде и потери при вращении шкива натяжного устройства остаются почти постоянными при увеличении высоты подъема воды, а полезная работа непрерывно растет.

2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве рабочего органа для производственного образца ленточного водоподъемника нами был выбран стандартный прорезиненный хлопчатобумажный ремень, шириной 100 мм. Выбор был сделан по следующим соображениям:

138292
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А.Н. Киргизской ССР

во-первых, прорезиненный ремень специально приспособлен для передачи крутящего момента с одного шкива на другой, т. е. обладает значительной прочностью и износоустойчивостью, во-вторых, не подвержен коррозии под действием агрессивных вод, в-третьих, не разрушается при резких колебаниях температуры и при воздействии солнца и, в-четвертых, в массовом порядке выпускается промышленностью, т. е. не требует специального налаживания производства для его изготовления.

Для оценки работы ленточных водоподъемников в производственных условиях нами были проведены сравнительные испытания ленточных водоподъемников с другими шнуровыми водоподъемниками марки ВОС-2 и ВОС-2в, получившими некоторое распространение на пастбищах Казахстана. Испытания проводились в Ташкентской области, в пустыне Бетпак-Дала и песках Муюн-Кум на колодцах, глубиной 5, 15 и 27 метров. Сравнительные испытания водоподъемников проводились с приводом от электродвигателя и конного привода по единой методике, разработанной при участии автора.

При проведении опытов замерялись производительность водоподъемников, скорость движения их рабочих органов и мощность, потребляемая водоподъемными установками при различных режимах их работы.

Испытания показали:

1. Водоподъемник ВОС-2 удовлетворительно работает на колодцах, глубиной до 20 м. На колодцах большей глубины его производительность падает ввиду интенсивного разбрызгивания с восходящей ветви спирали, и работа становится малоэффективной.

2. Водоподъемник ВОС-2в, предложенный инженером Кульпиным, также имеет значительные объемные потери от разбрызгивания и может применяться только на колодцах, глубиной до 30 м.

3. Ленточный водоподъемник обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с водоподъемниками ВОС-2 и ВОС-2в, основные из которых следующие:

а) производительность водоподъемника не изменяется при увеличении высоты подъема воды;

б) рабочий орган водоподъемника более долговечен и удобен в обращении, чем рабочие органы водоподъемников ВОС-2 и ВОС-2в,

в) производительность ленточного водоподъемника, при одинаковом весе рабочих органов, значительно выше, чем у водоподъемников ВОС-2 и ВОС-2в.

Комиссия, проводившая сравнительные испытания шнуровых водоподъемников, в которую входили инж. Кульпин П. И. (Бетпак-далинская опытная станция ВАСХНИЛ), инж. Андрианов В. Е. (КИМЭСХ) и автор настоящей работы, рекомендовала ленточные водоподъемники к широкому производственному внедрению, как наиболее эффективное в настоящее время средство механизации подъема воды из шахтных колодцев на пастбищах Средней Азии и Казахстана.

В 1955—1956 гг. нами были произведены исследования работы опытного образца ленточного водоподъемника на колодцах, глубиной 30, 50 и 95 метров. Испытания показали, что ленточные водоподъемники могут с успехом применяться на колодцах, глубиной до 100 и более метров.

Разработанная нами конструкция ленточного водоподъемника марки ЭЛ-100 САНИИРИ была принята для серийного производства Ашхабадским ремонтным заводом им. XX-летия ТССР и к концу 1956 года их было выпущено около 100 шт. Нормальная производительность водоподъемника ЭЛ-100 $11 \div 1,8$ литра в секунду. Рекомендуемая высота подъема воды до 100 метров. Привод водоподъемника электрический (рис. 7).

Для глубоких колодцев нами была разработана конструкция ленточного водоподъемника марки УЛ-200 САНИИРИ, оборудованного фрикционным устройством.

Оборудование ленточного водоподъемника фрикционной муфтой преследовало две цели: во-первых, создать возможность нормальной работы водоподъемника с приводом непосредственно от двигателя внутреннего сгорания и, во-вторых, облегчить запуск водоподъемника в работу с приводом от электродвигателя с короткозамкнутым ротором при работе на колодцах, глубиной более 100 метров. Производительность водоподъемников УЛ-200 та же, что и ЭЛ-100.

Рекомендации по использованию ленточных водоподъемников даны нами в инструкции по монтажу и эксплуатации ленточных водоподъемников ЭЛ-100 и УЛ-200 конструкции САНИИРИ, которая прилагается к каждому водоподъемнику, выпускаемому заводом.

Инструкция дана в приложениях к реферируемой работе. Производственные исследования серийных образцов ленточных водоподъемников марки ЭЛ-100 САНИИРИ и УЛ-200 САНИИРИ, проведенные нами в Туркмении на колодцах, глубиной 48, 80 и 180 метров, показали, что:

1. Ленточные водоподъемники ЭЛ-100 и УЛ-200 конструкции САНИИРИ могут быть использованы для подъема воды из шахтных колодцев, глубиной до 200 м.

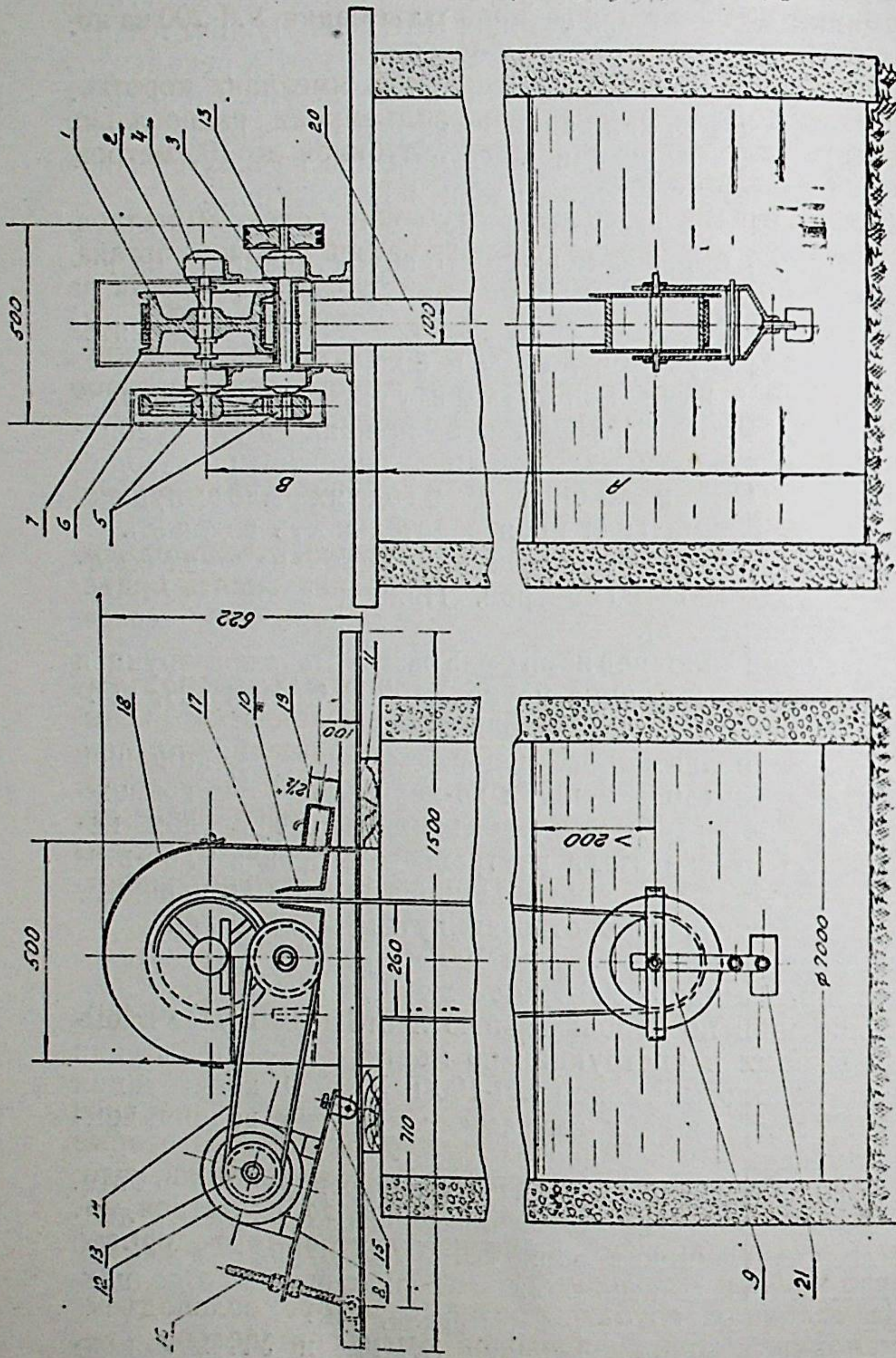


Рис. 7.

Схема установки ленточного водоподъемника ЭЛ-100 САНИИРИ. 1. Ведущий барабан, 2. Вал ведущего барабана, 3. Промежуточный вал, 4. Подшипники, 5. Шестеренчатый редуктор, 6. Кожух редуктора, 7. Облицовка ведущего барабана, 8. Плита электродвигателя, 9. Натяжное устройство, 10. Карманы, 11. Деревянные брусья, 12. Электродвигатель, 13. Шкивы, 14. Клиновые ремни, 15. Фиксирующие болты, 16. Натяжной болт, 17. Водосборный кожух, 18. Сливное отверстие, 19. Рабочая лента, 20. Груз.

2. С приводом от двигателей внутреннего сгорания рационально использовать водоподъемники ЭЛ-100 на колодцах, глубиной до 60 метров, а водоподъемники УЛ-200 на колодцах, глубиной от 60 до 200 метров.

3. С приводом от электродвигателей, имеющих короткозамкнутый ротор ленточные водоподъемники рационально использовать: ЭЛ-100 на колодцах, глубиной до 100 метров, УЛ-200—от 100 до 200 м.

4. При работе на колодцах, глубиной более 80 метров, наблюдались случаи перекручивания ветвей рабочего органа. Необходимо при установке ленточных водоподъемников на колодцах, глубиной более 80 метров, оборудовать натяжные устройства приспособлением для предотвращения перекручивания ремня. Приспособление, сконструированное автором настоящей работы, хорошо зарекомендовало себя в процессе производственных исследований.

5. Производительность ленточных водоподъемников практически не зависит от глубины колодца.

6. На глубоких колодцах КПД ленточных водоподъемников выше, чем на мелких. При увеличении высоты подъема КПД ленточных водоподъемников непрерывно возрастает.

Опыт эксплуатации более трехсот ленточных водоподъемников в Туркмении и длительные производственные испытания их на пастбищах в Узбекской ССР показали, что ленточные водоподъемники конструкции САНИИРИ в достаточной степени удовлетворяют требованиям, предъявляемым к водоподъемным механизмам, предназначенным для подъема воды из шахтных колодцев на пастбищах отгонного животноводства.

3. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ ВОДОПОДЪЕМНИКОВ

Анализ существующих способов эксплуатации колодцев на пастбищах Средней Азии, Казахстана и производственные исследования ленточных водоподъемников показали, что:

1. Подъем воды из колодцев, глубиной до 10 метров, может быть механизирован с помощью ленточных водоподъемников с конным приводом.

2. На колодцах, глубиной более 10 метров, водоподъемные установки с конным приводом мало рентабельны, так как производительность установки в этом случае будет, примерно, такой же, а на колодцах, глубиной более 15 м,

даже меньше, чем при подъеме воды ковгой с помощью верблюда.

3. Ветронасосные установки могут быть использованы для подъема воды из колодцев только в районах с благоприятным ветровым режимом. Применявшиеся до настоящего времени ветродвигатели недостаточно хорошо приспособлены для работы в условиях пустыни.

4. Саксаул может быть использован в локомобильных и газогенераторных установках в районах его произрастания и на колодцах с большим дебитом, где вода может быть использована не только для водопоя скота, но и на орошение или еще для каких-либо других хозяйственных нужд. Это объясняется тем, что запуск в работу локомобильных и газогенераторных установок требует много времени.

5. С приводом от двигателя внутреннего сгорания ленточные водоподъемники могут быть использованы на всем диапазоне глубин колодцев, причем замена подъема воды ковгой механизированным способом тем рентабельнее, чем больше глубина колодца.

6. Использование электропривода для ленточных водоподъемников рационально в случае группового расположения колодцев, когда одной электростанцией можно снабжать энергией две или более водоподъемные установки, или при обслуживании группы колодцев одной передвижной электростанцией.

В начальный период внедрения ленточных водоподъемников нами были рекомендованы следующие схемы их эксплуатации в зависимости от природных условий:

1. Водоподъемные установки на одиночных колодцах. Привод водоподъемника в этом случае рекомендуется осуществлять от двигателя внутреннего сгорания. Обслуживание водоподъемной установки производится механиком. Один механик обслуживает одну или две водоподъемные установки.

2. Колодцы расположены группой на небольшом расстоянии один от другого (до 200 м). В этом случае рекомендуется на каждом колодце устанавливать ленточные водоподъемники с приводом от электродвигателя, а питание всех электродвигателей осуществлять от одной электростанции на базе двигателя внутреннего сгорания. Электростанцию и водоподъемники обслуживает один механик.

3. Группу колодцев связывают дороги хорошей проходимости. Запас воды в колодцах при статическом ее уровне обеспечивает суточное потребление на этом водопойном пункте.

В этом случае рекомендуется на каждый колодец устанавливать водоподъемник, агрегатированный с электродвигателем, и группу в 3—5 колодцев обслуживать передвижной электростанцией, установленной на автомашине. Водоподъемники должны работать при максимальной производительности (7—9 м³ в час).

На пастбищах в Туркмении в настоящее время эксплуатируется около пятисот ленточных водоподъемников конструкции САНИИРИ. Глубина колодцев, на которых работают эти агрегаты, колеблется от 10 до 100 и более метров. Привод водоподъемных установок осуществляется на одиночных колодцах от карбюраторного двигателя Л-6 и на колодцах, расположенных группами, от электродвигателей, питание которых производится от электростанций РСА-12 и ЧА-1.

Около одной трети всех механизированных колодцев расположены группами по 2—4 колодца в каждой.

Монтаж, эксплуатация и ремонт водоподъемных установок производится машино-животноводческими станциями (МЖС). Колхозы оплачивают МЖС за обслуживание установок по количеству поднятой воды.

В зоне Ашхабадской МЖС водоподъемные установки эксплуатируются колхозами. Текущий ремонт агрегатов производится разъездными механиками, а капитальный и средний ремонт в МЖС.

Обслуживание механизированных колодцев передвижной электростанцией, установленной на автомашине, на пастбищах Туркмении пока применения не нашло.

Как показал опыт эксплуатации ленточных водоподъемников в колхозе „Москва“ Бухарской области УзССР, запуск и остановка водоподъемных агрегатов, а также заправка их горючим, могут быть возложены на чабанов, а технический уход и надзор может осуществляться разъездными колхозными механиками.

При обследовании технического состояния ленточных водоподъемников, проведенном после 1200 часов их работы, никаких признаков износа каких-либо узлов или деталей нами не было обнаружено. Для привода ленточных водоподъемников на колодцах, глубиной до 60—100 метров, могут быть рекомендованы двигатели внутреннего сгорания ЗИД-4,5 и Л-6, серийно выпускаемые нашей промышленностью.

Расчет стоимости подъема из шахтного колодца одного кубического метра воды с помощью ковги и ленточными водоподъемниками, произведенный МСХ ТССР, показал, что внедрение механизации дает возможность сэкономить от 1 до 3 рублей в год на водопое каждой овцы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования дали возможность решить один из основных вопросов механизации водоподъема на пастбищах.

В настоящее время около пятисот ленточных водоподъемников успешно эксплуатируются на пастбищах в Каракумах.

В 1958 году промышленностью Узбекистана и Туркмении намечено выпустить еще более 600 таких агрегатов.

Широкое распространение ленточных водоподъемников в сравнительно небольшой срок свидетельствует о том, что они в значительной степени удовлетворяют условиям работы механизмов в пустынях и полупустынях и могут работать практически на всем диапазоне глубин колодцев, встречающихся на пастбищах Средней Азии и Казахстана.

В результате выполненных нами исследований:

1. Разработаны технические требования к водоподъемным машинам и механизмам, предназначенным для работы на шахтных колодцах в пустынных районах Средней Азии и Казахстана.
2. Предложен рациональный тип водоподъемника для шахтных колодцев на отгонных пастбищах — ленточный водоподъемник.
3. Разработана теория рабочего процесса подъема жидкости гладкой лентой.
4. Экспериментально подтверждены основные выводы теории рабочего процесса подъема воды гладкой лентой при ламинарном ее движении по ленте и опытным путем определены основные поправочные коэффициенты для расчета показателей работы ленточного водоподъемника при турбулентном движении потока жидкости на ленте.
5. Выявлено влияние шероховатости поверхности рабочего органа на работу ленточного водоподъемника.
6. Предложена методика гидравлических расчетов ленточных водоподъемников.
7. Разработаны и исследованы в производственных условиях на пастбищах ленточные водоподъемники марки ЭЛ-100 САНИИРИ и УЛ-200 САНИИРИ.
8. Даны рекомендации производству по использованию ленточных водоподъемников на колодцах различной глубины с приводом от двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей и др.
9. Проанализированы различные способы использования ленточных водоподъемников и предложены рациональные

схемы их эксплуатации в зависимости от природных и хозяйственных условий на пастбищах.

Невысокая стоимость, простота конструкции и эксплуатации ленточных водоподъемников, несложность их монтажа и способность работать на колодцах как старой, так и новой (инженерной) конструкции, не требуя никаких монтажных работ в глубине колодца, создают возможность в короткий срок механизировать подъем воды из большинства колодцев на пастбищах в Средней Азии и Казахстане.

По сравнению с наиболее распространенным на пастбищах способом подъема воды из шахтных колодцев с помощью ковги внедрение ленточных водоподъемников дает возможность сэкономить в год от 1 до 3 рублей на водопое каждой овцы.

Широкое распространение ленточных водоподъемников по примеру Туркмении в других республиках Средней Азии и в Казахстане даст возможность сократить расходы по эксплуатации водосточников на пастбищах более чем на 10 миллионов рублей в год.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ В КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНО
СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. ПЕРЕВЕРЗЕВ С. К. и МАШКОВ В. Н. «Водоподъемники для пастбищ» Сборник Трудов САНИИРИ № 81 1957 г.
2. МАШКОВ В. Н. «Исследование работы ленточных водоподъемников на глубоких колодцах в Туркмении» Сборник Трудов САНИИРИ № 92 1957 г.
3. МАШКОВ В. Н. «Некоторые вопросы теории и экспериментальные исследования ленточных водоподъемников». Сборник Трудов САНИИРИ № 94, 1958 г