

6
А-36

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ГЕОЛОГИИ И
ГОРНОМУ ДЕЛУ

На правах рукописи

Аспирант П. С. Туровский

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
УДАРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ БУРИЛЬНЫХ МАШИН
ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Специальность № 05.172 — Горные машины

Автореферат
на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Фрунзе 1971

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР
ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ ПО ГЕОЛОГИИ И ГОРНОМУ ДЕЛУ

На правах рукописи

Аспирант П.С. Туровский

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
УДАРНЫХ УЗЛОВ ДЛЯ БУРИЛЬНЫХ МАШИН ВРАЩА-
ТЕЛЬНО-УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Специальность № 05.172 - Горные машины

А в т о р е ф е р а т
на обоснование ученой степени кандидата
технических наук

Фрунзе - 1971

- δ_0 - вылет бойка до пружины, см;
 i - число витков пружины;
 D_n - наружный диаметр пружины, см;
 d - диаметр проволоки пружины, см;
 l - длина пружины, см;
 G - модуль сдвига материала пружины, $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$;
 m_b, m_n - соответственно, массы бойка и движущихся частей буферного устройства, $\frac{\text{кг.сек}^2}{\text{м}}$;
 γ - коэффициент асимметрии цикла;
 $\eta_{пр}$ - к.п.д. пружины;
 m_b' - масса плавающей втулки, $\frac{\text{кг.сек}^2}{\text{м}}$;
 S_b - площадь втулки, испытывающая давление воздуха, см^2 ;
 T - длительность цикла;
 P_y - давление, необходимое для восполнения расхода воздуха на утечки, $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$;
 I - потребляемый ток, а;
 U - напряжение, в;
 ω - угловая частота, рад/сек;
 ψ - угол между током и напряжением при отсутствии компенсирующего устройства.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из причин отставания горнорудной промышленности и области электрификации производственных процессов является отсутствие электрифицированных средств бурения пород выше средней крепости. Поэтому для бурения шпуров и скважин в подземных условиях применяются пневматические машины ударно-поворотного или вращательно-ударного действия.

Электрификация буровых работ, а следовательно, всех технологических процессов горнорудного предприятия неразрывно связана с созданием достаточно мощных и надежных в эксплуатации электрифицированных бурильных машин вращательно-ударного и ударно-поворотного действия. Электрификация буровой техники позволит не только повысить экономичность буровых работ, являющихся основой всего технологического комплекса любого горнорудного предприятия и составляющих значительную часть объема по затратам и трудоемкости, но и открыть новые возможности для повышения производительности труда.

Работы по созданию электрифицированной буровой техники проводятся в Институте горного дела Сибирского отделения АН СССР, Карагандинском и Фрунзенском политехнических институтах, Кузнецком научно-исследовательском угольном институте, Кузнецком машиностроительном заводе, институте Автоматики АН Киргизской ССР под руководством профессоров П.М.Альбуева, О.Д.Алимова, А.Ф.Кичигина, Н.П.Рябенцева.

Основное внимание в проводимых работах уделяется созданию надежных и долговечных ударных узлов. В 1964-1965 г.г. Кузнецким машиностроительным заводом совместно с КузНИУИ была разработана и изготовлена гидрофицированная бурильная машина БКГ. В результа-

те дальнейших работ были созданы: гидравлическая бурильная каретка БКГМ (ИФ и МПИ АН Кирг.ССР, КузНИУИ, Кузмашзавод) и гидрофицированная бурильная головка БГГ (Карагандинский политехнический институт), экспериментальные исследования которых подтвердили перспективность этого направления. В 1966 году ИГД СО АН СССР совместно с ИФ и МПИ АН Киргизской ССР была создана первая отечественная электрическая машина ЭБВУ-1.

Исследования ЭБВУ-1 показали, что примененный на ней электромагнитный ударный узел обеспечивает производительную работу бурильной машины, но имеет ограниченную продолжительность включения (ПВ=25%) и низкую долговечность буферного устройства. Решение вопросов повышения продолжительности включения до ПВ=100% и разгрузки пружины буферного устройства имеет важное практическое значение. Это и определило основную направленность данной работы.

На основании анализа опыта создания и эксплуатации ударных узлов определены основные требования к параметрам и режиму работы электромагнитных ударных узлов, предназначенных для бурения шпуров при проведении горных выработок; средства и способы их реализации.

Предложенные рекомендации реализованы в бурильной машине с электромагнитным ударным узлом, испытания которой подтвердили полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Работа состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 69 рисунков и 10 таблиц.

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УДАРНЫХ УЗЛОВ БУРИЛЬНЫХ МАШИН

Возможность применения ударного узла в качестве привода бурильных машин определяется двумя основными требованиями - мощностью и габаритами. Необходимость реализации второго требования объясняется тем, что бурение шпуров и скважин в подземных условиях производится из горных выработок ограниченного сечения.

На основе анализа параметров ударных узлов пневматических, гидравлических и электрических бурильных машин выявлены требования, предъявляемые горнорудным производством к ударным узлам бурильных машин вращательно-ударного способа разрушения горной массы. В качестве основных параметров рассматривались габаритные размеры ударных узлов и энергетические показатели. Установлено, что габаритные размеры ударного узла электромагнитного типа, удовлетворяющие требованиям горнопроходческих работ, не должны значительно отличаться от максимальных размеров пневматических ударных узлов, составляющих в среднем по длине 340мм, высоте - 260мм, ширине - 250мм. Ударная мощность при бурении шпура диаметром 42мм должна составлять 4-4,5 квт.

Для установления режима работы ударного узла, исходя из анализа процесса бурения шпуров диаметром 42мм длиной 2м, определены затраты времени и продолжительность включения при бурении в зависимости от крепости породы (Рис.1). Как видно из рис. 1 с увеличением крепости породы возрастает затраты времени на бурение ($T_{\text{б}}$) и завершение всего цикла ($T_{\text{ц}}$). Продолжительность вспомогательных

операций при этом увеличивается незначительно. При бурении в породах крепостью $f = 10+12$ (здесь и далее используется шкала проф. м.м.Протод-яконова) продолжительность включения ударного узла составляет $ПВ=60\%$ и в породах крепостью $f = 16+18$ превышает $ПВ=80\%$. Бурение шпуров длиной более двух метров потребует еще большей продолжительности включения. Следовательно, ударный узел, удовлетворяющий требованиям горнопроходческих работ, должен быть рассчитан на длительный режим работы.

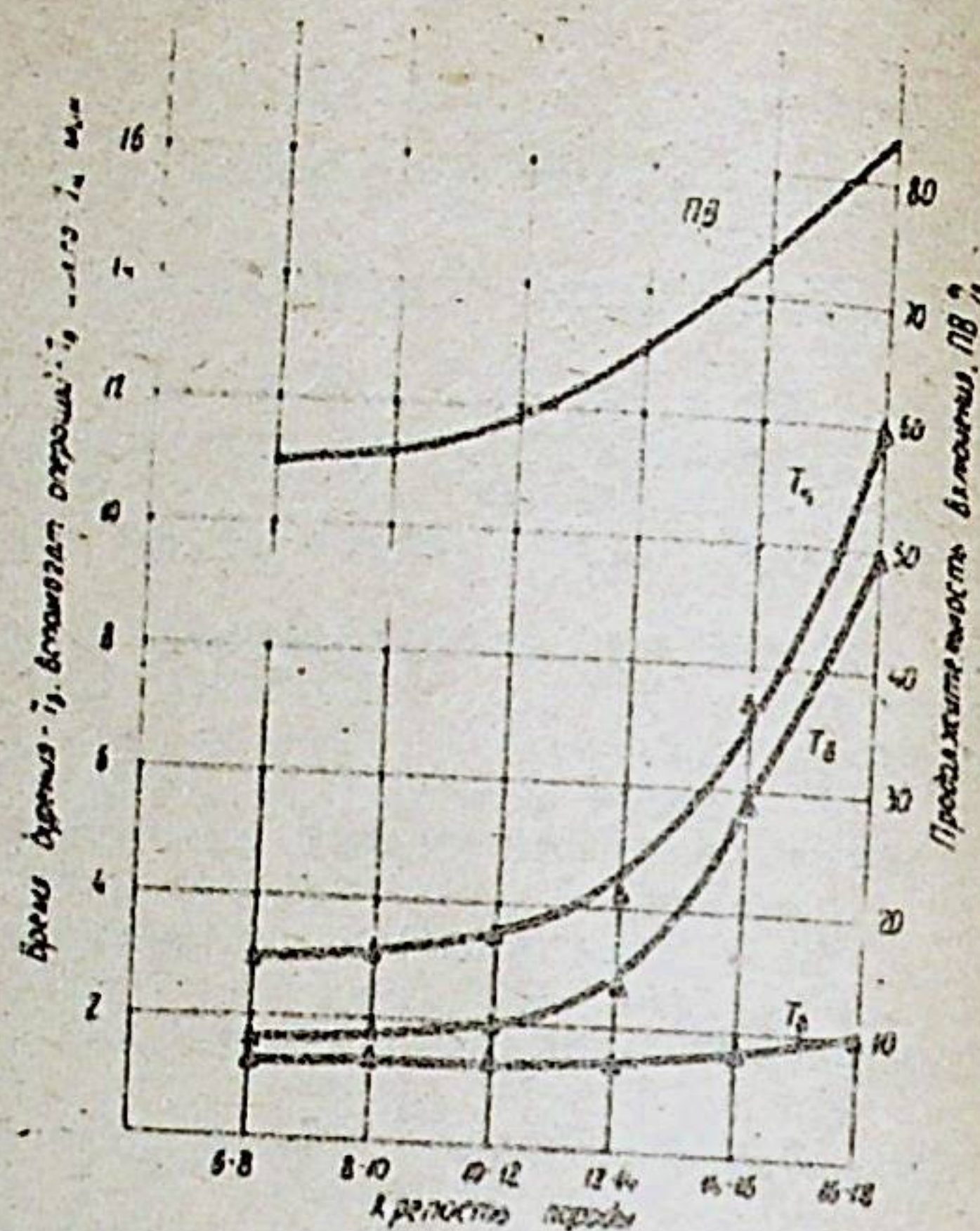


Рис. I

Ограниченные габариты при значительной ударной мощности вызывают необходимость введения в конструкцию электромагнитного ударного узла системы принудительного охлаждения катушек и корпусных деталей, способной обеспечить заданный тепловой режим при длительной работе привода.

Низкая долговечность пружины буферного устройства обусловлена значительной величиной ударно-циклических нагрузок на нее. Это вызывает необходимость оптимизации параметров пружины и изыскание способов искусственной ее разгрузки.

В связи с этим сформулирована и основная задача исследований — обоснование и расчет системы принудительного охлаждения катушки электромагнитного ударного узла; оптимизация параметров пружины

при ограниченном объеме буферного устройства и разработка рекомендаций по снижению возникающих в ней напряжений.

Г Л А В А П.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОПРИВОДА УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Анализ систем охлаждения электромагнитных ударных узлов бурильных машин предшествующих конструкций показал, что все системы принудительного охлаждения электромагнитов решали только часть задачи интенсивного охлаждения, в частности, охлаждению подвергались корпусные детали, в то время как основной источник тепловыделений — катушка — непосредственно не охлаждается.

На основе анализа опыта применения электромагнитов в области техники сильных магнитных полей и турбогенераторостроения по созданию систем интенсивного принудительного охлаждения обмоток, разработана и исследована система принудительного охлаждения катушки электромагнитного ударного узла. Система охлаждения предусматривает разделение объема катушки электромагнита на ряд объемов (3-5), между которыми размещаются теплообменники (радиаторы), выполненные из медной трубки и имеющие форму змеевика. Охлаждающим агентом служит вода, которая после выхода из системы охлаждения используется для промывки шпура. Охлаждение корпусных деталей производится водой, циркулирующей в каналах охлаждающей рубашки ярма электромагнитного ударного узла. Секционирование катушки уменьшает термические сопротивления между охлаждающей средой и источниками тепл. выделений, что позволяет снизить перегрев обмоточ-

ного провода.

На основании уравнения теплопередачи получена зависимость максимальной температуры перегрева секции от ее габаритных размеров, мощности источников тепловыделений и параметров системы охлаждения

$$\theta_m = \frac{q}{4} \left[d_c R_1 \left(\frac{d_0^2}{d_c^2} - 1 \right) + D_c R_2 \left(1 - \frac{d_0^2}{D_c^2} \right) + \frac{1}{4\lambda_p} \left[d_c^2 + D_c^2 + 2d_0^2 \left(\ln \frac{d_0^2}{d_c D_c} - 1 \right) \right] \right] + \Delta t_{\text{оср}} \quad (1)$$

где

$$d_0^2 = \frac{4\lambda_p (d_c R_1 + D_c R_2) + D_c^2 - d_c^2}{4\lambda_p \left(\frac{R_1}{d_c} + \frac{R_2}{D_c} \right) + 2\ln \frac{D_c}{d_c}} \quad (2)$$

Как видно из (1) и (2) при известных q , R_1 , R_2 , λ_p аналитическое определение наружного диаметра секции D_c не может быть осуществлено. Поэтому предложена методика расчета параметров системы охлаждения, предполагающая ориентировочное определение габаритных размеров секции с последующим уточнением. При этом исходили из следующих предположений. С ростом диаметра секций катушки увеличивается гидравлическое сопротивление радиаторов, в результате чего уменьшается расход воды через них и, следовательно, снижается коэффициент теплоотдачи, что приводит к повышению температур перегрева секции и жидкости. Поэтому для снижения температуры перегрева секции до величины, допустимой прочностью изоляции, необходимо уменьшить мощность тепловыделений в каждой последующей секции по сравнению с предыдущей, т.е. секции должны иметь различные высоты, уменьшающиеся по мере возрастания диаметра d_c и мощности потерь в секциях $P_{M1} > P_{M2} > P_{M3} > \dots > P_{Mn}$. Экспериментально определен коэффициент снижения мощности в секциях, равный $\gamma = 0,88 \pm 0,02$ при $d_{rp} = 0,6$ см и $d_r = 0,9$ см. При проектировании системы охлаждения катушки необходимо определить число радиаторов, обеспечивающих заданный тепловой режим

$$n_p = \frac{\pi j^2 \rho_w S_{rp} (D_n - d_n)}{2V_y C_p \delta \Delta \theta_0} \quad (3)$$

где

$$V_y = F_p \sqrt{\frac{H_0 d_r d_{rp}}{0,45(D_n + d_n + 0,64d_{rp}) \left[\gamma (\ell + 0,14d_{rp}) + 5d_r - \frac{3d_c d_{rp}}{0,9(D_n + d_n + 0,64d_{rp})} \right]}} \quad (4)$$

Ввиду значительной мощности тепловыделений в бойке электромагнитного ударного узла число радиаторов округляется до большого целого числа и первый радиатор располагается на "охранном" разомкнутом кольце, установленном между бойком и катушкой. В этом случае число секций будет равно числу радиаторов $n_c = n_p$. Определив число радиаторов, можно произвести распределение их по секциям, габаритные размеры которых определяются из соотношений:

$$d_{c1} = D_{c(n-1)} + 2h_p; \quad (5)$$

$$D_{c1} = \sqrt{\frac{4P_{M1}}{\pi q \ell_n} + d_{c1}^2} \quad (6)$$

где

$$P_{Mn} = \frac{\gamma^{n-1} (1-\gamma)}{1-\gamma^n} P_M \quad (7)$$

$$q = \frac{2j^2 \rho_w S_{rp}}{\ell_n (D_n - d_n - 2n_p h_p)} \quad (8)$$

Полученные значения габаритных размеров секций катушки позволяют определить максимальный перегрев обмоточного провода (1) и при необходимости построить температурное поле, т.е. осуществить поверочный тепловой расчет. Перегрев охлаждающей жидкости в первом

и последующих радиаторах определяется как

$$\Delta U_{\alpha i} = \frac{P_{\alpha} + Q_i}{V_i C_p \delta} ;$$

$$\Delta U_{\alpha i} = \frac{Q_i'' + Q_i'}{V_i C_p \delta} ,$$

где, расход жидкости через i -тый радиатор находится по формуле

$$V_i = F_p \sqrt{\frac{2H g d_r}{2\pi n_{\text{ра}} \left[(L_k + 0,4 d_{\text{тр}}) + 3 d_r (2n_{\text{ра}} - 1) \right]}} , \quad (9)$$

где

$$n_{\text{ра}} = \frac{0,9 (d_{\text{св}} - h_p + 0,32 d_{\text{тр}})}{d_{\text{тр}}} \quad \text{-- целое число.}$$

С целью установления эффективности предложенной системы охлаждения и проверки применимости предложенной методики расчета были проведены теплотехнические испытания секционированных охлаждаемых катушек, изготовленных по различной технологии.

Анализ нарастания температуры перегрева катушки в зависимости от плотности тока (рис. 2) при естественном охлаждении (кривая I) показывает, что рабочая температура перегрева, определяемая прочностью изоляции провода и компаунда (150°C), достигается при плотности тока $3,5 \text{ а/мм}^2$.

Дальнейшее повышение плотности тока вызывает значительный рост перегрева.

Применение принудительного охлаждения позволило поднять плотность тока до 12 а/мм^2 (кри-

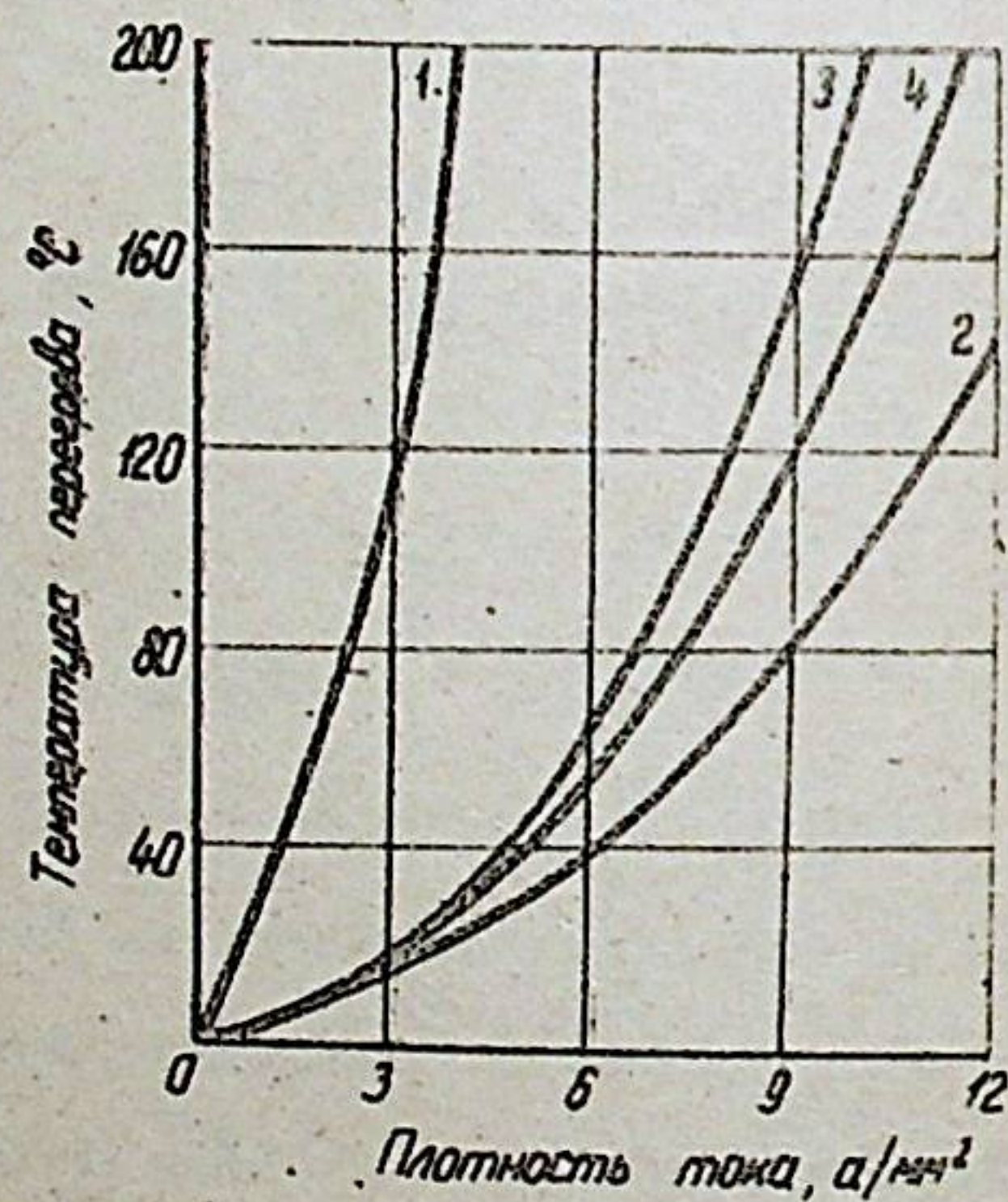


Рис. 2

вая 2) при той же рабочей температуре.

На кривых перегрева до компаундирования (кривая 3) и после заливки смолой (кривая 2) одной и той же катушки видно, что несмотря на вынужденное понижение температуры перегрева до 150°C , плотность тока во втором случае достигает 12 а/мм^2 против 9 а/мм^2 при 180°C катушки без смолы. Компаундирование катушки эпоксиной смолой в вакууме (кривая 2) после намотки позволяет снизить перегрев на $30+35\%$ по сравнению с компаундированием в процессе намотки (кривая 4).

Сравнение расчетных и экспериментальных значений температур перегрева в секции (рис. 3) показывает незначительное расхождение между ними. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность предпосылки о необходимости снижения мощности потерь в последующих секциях по сравнению с предыдущими, т.е. о неравномерном распределении обмотки по секциям. Это дает возможность рекомендовать предложенную методику при проектировании охлаждаемых электромагнитов.

Применение комбинированной системы охлаждения - секционированной охлаждаемой катушки в сочетании с охлаждающей рубашкой ядра позволяет значительно снизить перегрев электромагнитного ударного узла и обеспечить длительный режим его работы.

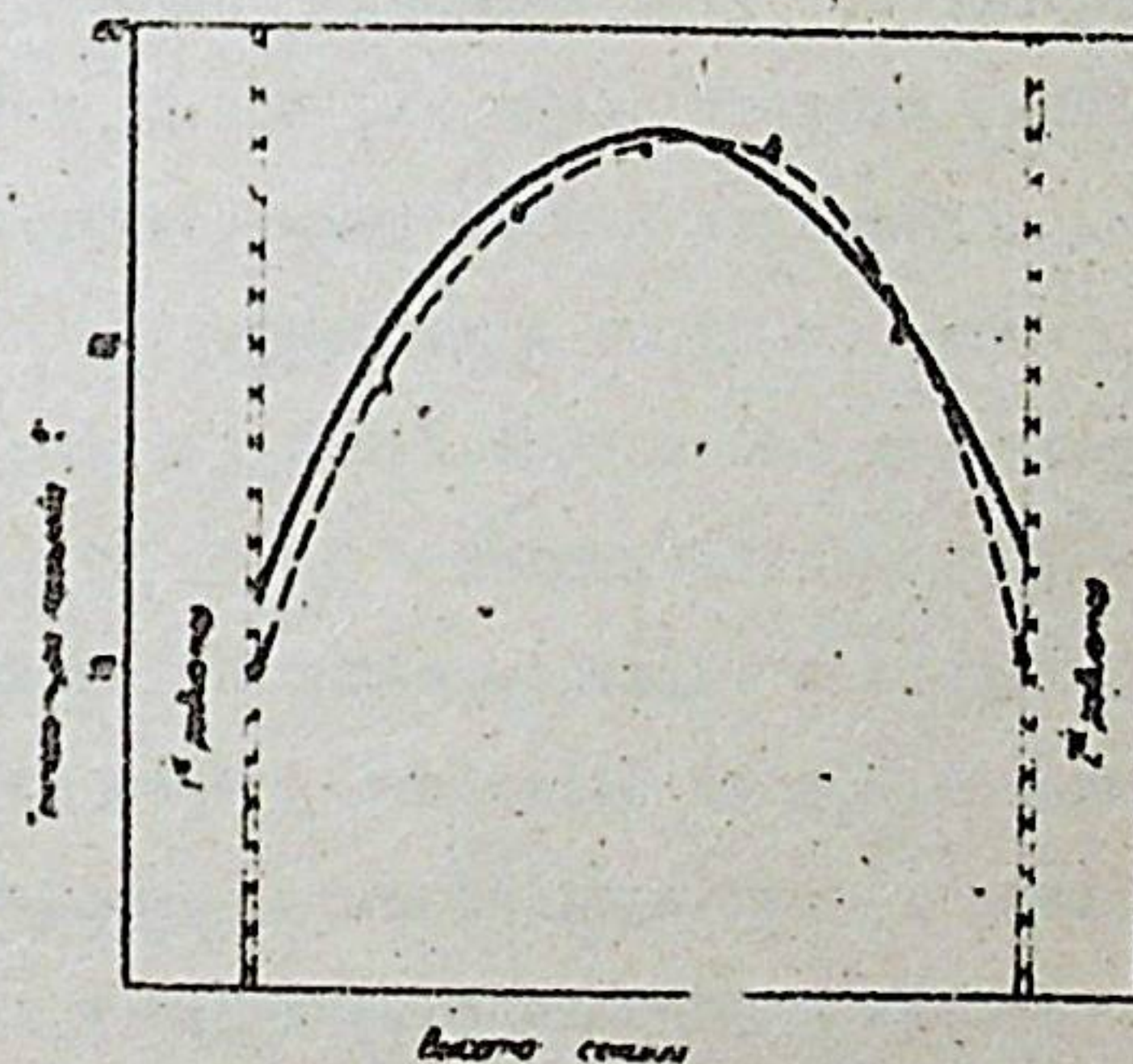


Рис. 3

ИССЛЕДОВАНИЕ БУФЕРНОГО УСТРОЙСТВА УДАРНОГО УЗЛА

Недостаточная долговечность пружины буферного устройства электромагнитного ударного узла ограничивает срок службы машины и ее надежность. Поэтому разработка методики расчета параметров пружины буферного устройства электромагнитных машин ударного действия на условия ее прочности имеет важное практическое значение.

Существующие многочисленные методики расчета буферных устройств основное внимание уделяют динамике взаимодействия бойка с пружиной с целью определения параметров упругого звена, при которых к.п.д. ударного узла будет максимальным, либо на определение срока службы пружины при заданных энергии, частоте ударов бойка и параметрах пружины. Общим в этих методиках является то, что для определения оптимальных энергии удара или к.п.д. берется серия изготовленных пружин с известными параметрами: диаметр проволоки, средний диаметр пружины, ее длина и жесткость.

Однако при проектировании буферного устройства параметры пружины являются неизвестными и выбор их, исходя из условия минимальных напряжений в пружине, является затруднительным, особенно при ограниченном объеме буферного устройства.

В связи с этим предлагается методика инженерного расчета параметров пружины буферного устройства применительно к электромагнитным ударным узлам, исходя из условия обеспечения минимальных напряжений в пружине при заданных объеме буфера и ходе бойка.

При проведении расчета используются известные соотношения между параметрами пружины, рекомендуемые С.Д. Пономаревым, В.Д. Ас-

тафьевым, В.А. Кирпуниным, Р.С. Курендшем, В.П. Остроумовым и др. Напряжения, возникающие в пружине, имеющей объем $U = \frac{\pi D_H^2 l}{4}$, с учетом ударно-циклических нагрузок равны

$$\tau = \frac{1,5(D_H + 0,5d)^2}{D_H - d} \sqrt{\frac{A_y \beta G D_H (1 + \frac{m_n}{m\delta})}{U d (1 - \frac{d}{D_H}) (1 - \tau^2) [(1 + \frac{m_n}{m\delta})^2 + \eta_{np}]}} \quad (10)$$

Анализ (10) показывает, что существует вполне определенное соотношение между диаметром проволоки d и наружным диаметром пружины D_H при неизменном объеме буферного устройства, при котором напряжения, возникающие в пружине, имеют минимальное значение. Это соотношение равно $\lambda = 0,21$. Как видно из зависимости $y = f(\lambda)$ (рис. 4), где

$$\lambda = \frac{d}{D_H}; \quad y = \frac{1 + 0,5d}{1 - d} \sqrt{\frac{1}{\lambda(1 - \lambda)}} \quad (11)$$

при отклонении диаметра проволоки от оптимального значения на $\pm 20\%$ величина напряжений, возникающих в пружине изменяется не более чем на $1,5\%$, что позволяет рекомендовать

$$d = (0,21 \pm 0,04) D_H$$

При оптимальном диаметре проволоки напряжения, возникающие в пружине, имеют минимальное значение и равны

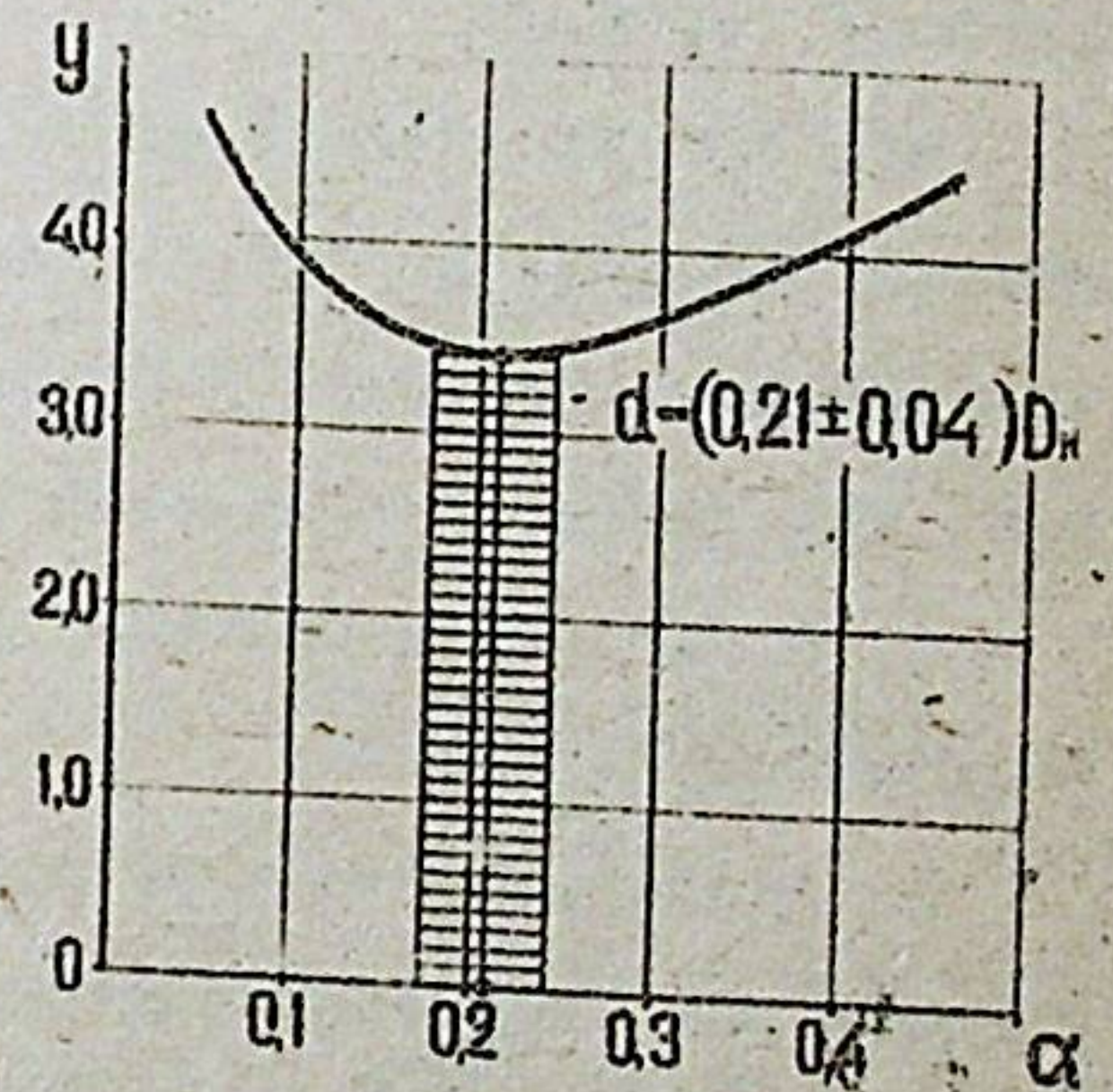


Рис. 4

$$\tau_{min} = 1,5 \sqrt{\frac{A_y \beta G (1 + \frac{m_n}{m\delta})}{U (1 - \tau^2) [(1 + \frac{m_n}{m\delta})^2 + \eta_{np}]}} \quad (12)$$

где $\delta = \frac{l}{d}$.

Используя выражение (12), можно определить оптимальный объем буферного устройства при $\tau = [\tau]$

$$U = \frac{265 A_y \delta G (1 + \frac{m_n}{m_b})}{[\tau]^2 (1 - z)^2 \left[(1 + \frac{m_n}{m_b})^2 + 2 \eta_{np} \right]} \quad (13)$$

и найти диаметр проволоки пружины, при котором обеспечивается заданный ход бойка

$$d = 263 \sqrt[4]{\frac{A_y U (1 + \frac{m_n}{m_b})}{G \delta (\delta - \delta_0)^2 (1 - z)^2 \left[(1 + \frac{m_n}{m_b})^2 + 2 \eta_{np} \right]}} \quad (14)$$

Полученные выражения (13) и (14) позволяют определить параметры пружины проектируемого буферного устройства ударного узла. Приводятся примеры расчета пружин буферного устройства электромагнитных ударных узлов.

При проектировании ударных узлов, имеющих ограниченные габаритные размеры, не всегда удается выполнить условие $\tau < [\tau]$, что вызывает перегрузку пружины буферного устройства. В этом случае, как выход из положения может быть рекомендовано следующее:

1. Установка в буферном устройстве двух или более коаксиально расположенных пружин.
2. Использование в качестве дополнительного упругого элемента пневмо- или гидравкумуляторов.
3. Замена пружины немеханическим упругим элементом.

При малом объеме буферного устройства установка концентрических пружин затруднена и желательно воспользоваться вторым или третьим вариантом. Целесообразность такого решения вопроса была проверена нами экспериментальным путем. С этой целью было разработано два типа буферного устройства - пневмомеханическое и пневмати-

ческое, исследование которых проводилось при нагружении одиночными ударами свободно падающего груза и при работе ударного узла.

Введение дополнительного упругого элемента - сжатого воздуха - позволяет увеличить жесткость буферного устройства, что приводит к уменьшению хода пружины и, следовательно, к снижению возникающих в ней напряжений и повышению ее долговечности. Увеличение жесткости пневмомеханического буферного устройства по сравнению с механическим пропорционально давлению воздуха в камере буферного устройства. Зависимость коэффициента увеличения жесткости от давления воздуха, представленная на рис. 5, позволяет определить давление сжатого воздуха, обеспечивающее необходимую по условиям рабочего процесса ударного узла жесткость буферного устройства и, следовательно, ход пружины, что может быть использовано для регулирования параметров ударного узла.

Так как уменьшение хода пружины приводит к уменьшению хода бойка при том же напряжении питания, необходимо увеличивать шаг бойка до пружины.

Принципиально возможно создание только пневматического буферного устройства с постоянной подкачкой воздуха от маломощного компрессора, либо пневмоаккумулятора. Давление воздуха в камере пневматического буферного устройства должно быть несколько больше, чем в пневмомеханическом. Нами установлено, что давление воздуха в пневматическом буферном устройстве должно быть равно

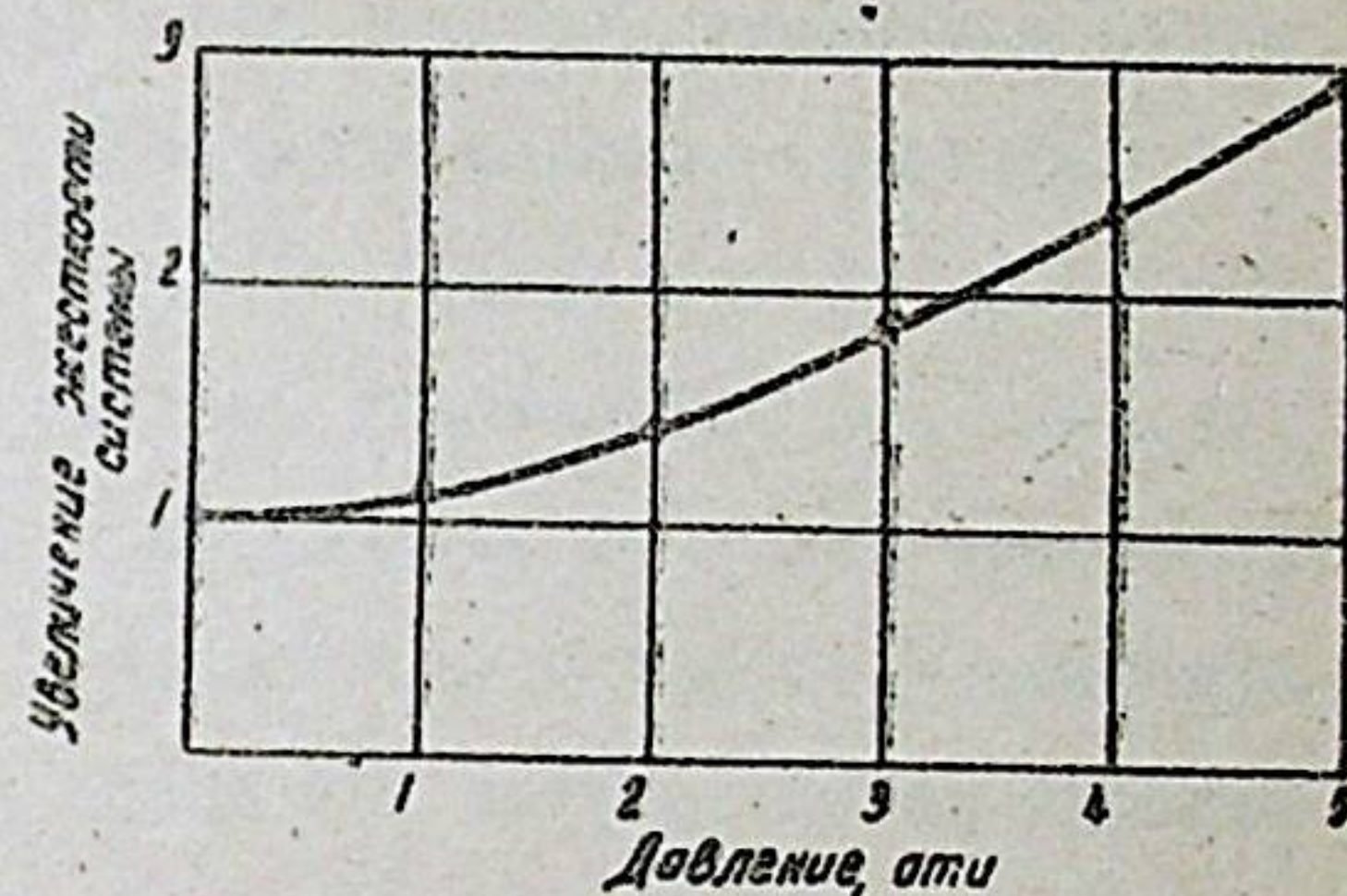


Рис. 5

17
Центральный научно-исследовательский институт
Академии наук СССР

375666

$$\rho = \frac{m_5 + m_6}{0,77 S_2 (2m_5 + m_6)} \sqrt{2A_y (m_5 + m_6) + \rho_y}$$

(15)

Исследования буферных устройств при работе ударного узла показали, что при одинаковом ходе бойка, определяемом конструкцией привода, наибольшая величина энергии удара достигается в ударном узле с пневматическим буферным устройством (рис. 6).

Применение пневматического буферного устройства позволяет производить регулирования энергии удара при неизменном напряжении сети путем изменения давления воздуха.

Экспериментальные исследования показали целесообразность введения дополнительного неметаллического упругого элемента в буферное устройство электромагнитного ударного узла как средства, позволяющего повысить его стойкость без увеличения габаритных размеров и веса машины.

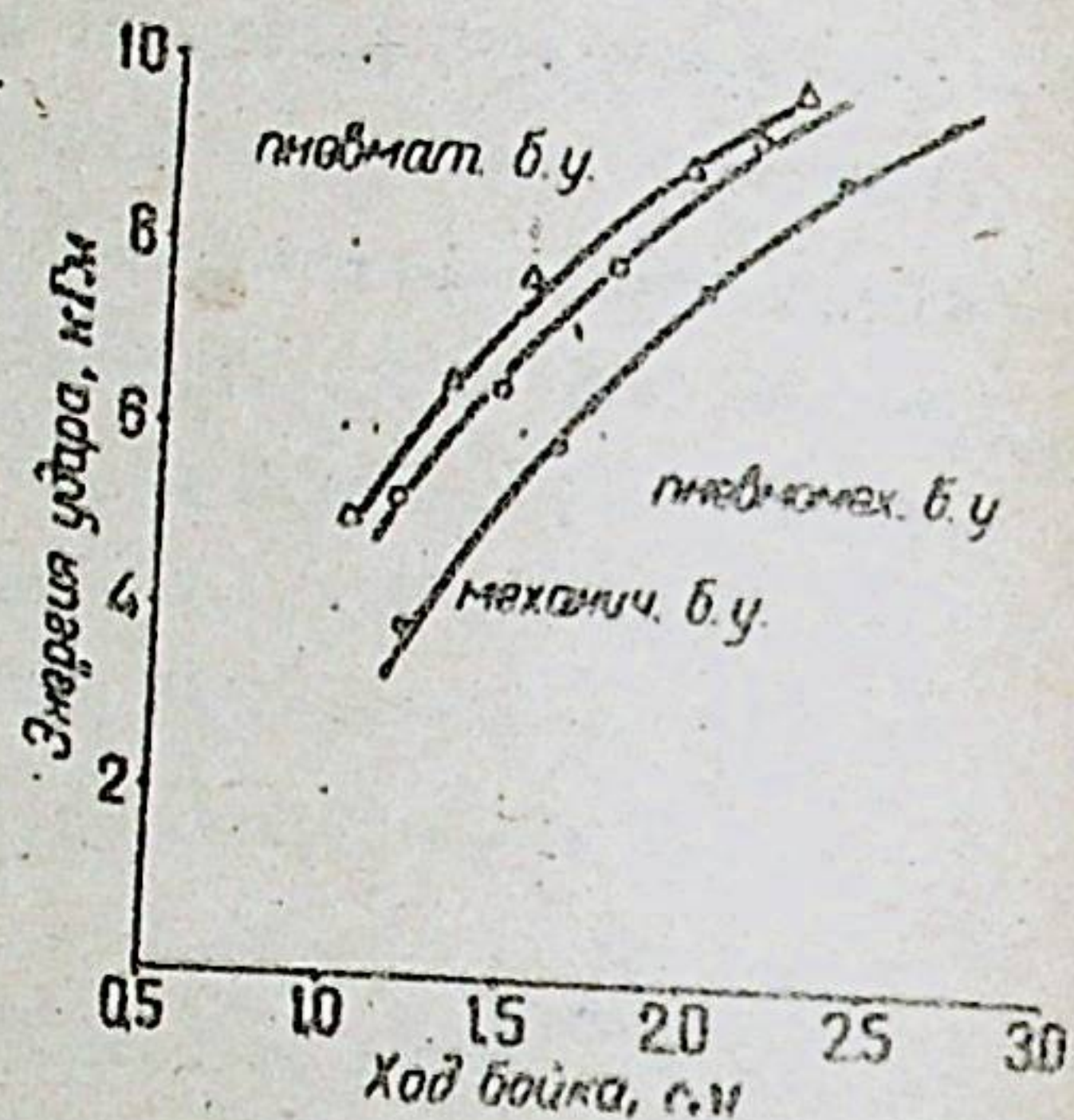


Рис. 6

Г Л А В А IV.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УДАРНОГО УЗЛА ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНЫХ БУРИЛЬНЫХ МАШИН

Положительное решение вопросов охлаждения электромагнитного ударного узла и выбора рациональной конструкции буферного устройства явилось предпосылкой для конструирования и создания мощного ударного узла электромагнитного типа, предназначенного для бурильных машин вращательно-ударного способа бурения горных пород.

При создании ударного узла были использованы результаты обобщения опыта создания и эксплуатации ударных узлов бурильных машин и результаты наших исследований по расчету и обоснованию параметров электромагнитов ударных узлов. Электромагнитный ударный узел УЭ-02 (рис. 7) был разработан и изготовлен в лаборатории привода и систем управления бурильных машин института Автоматики АН Кир-

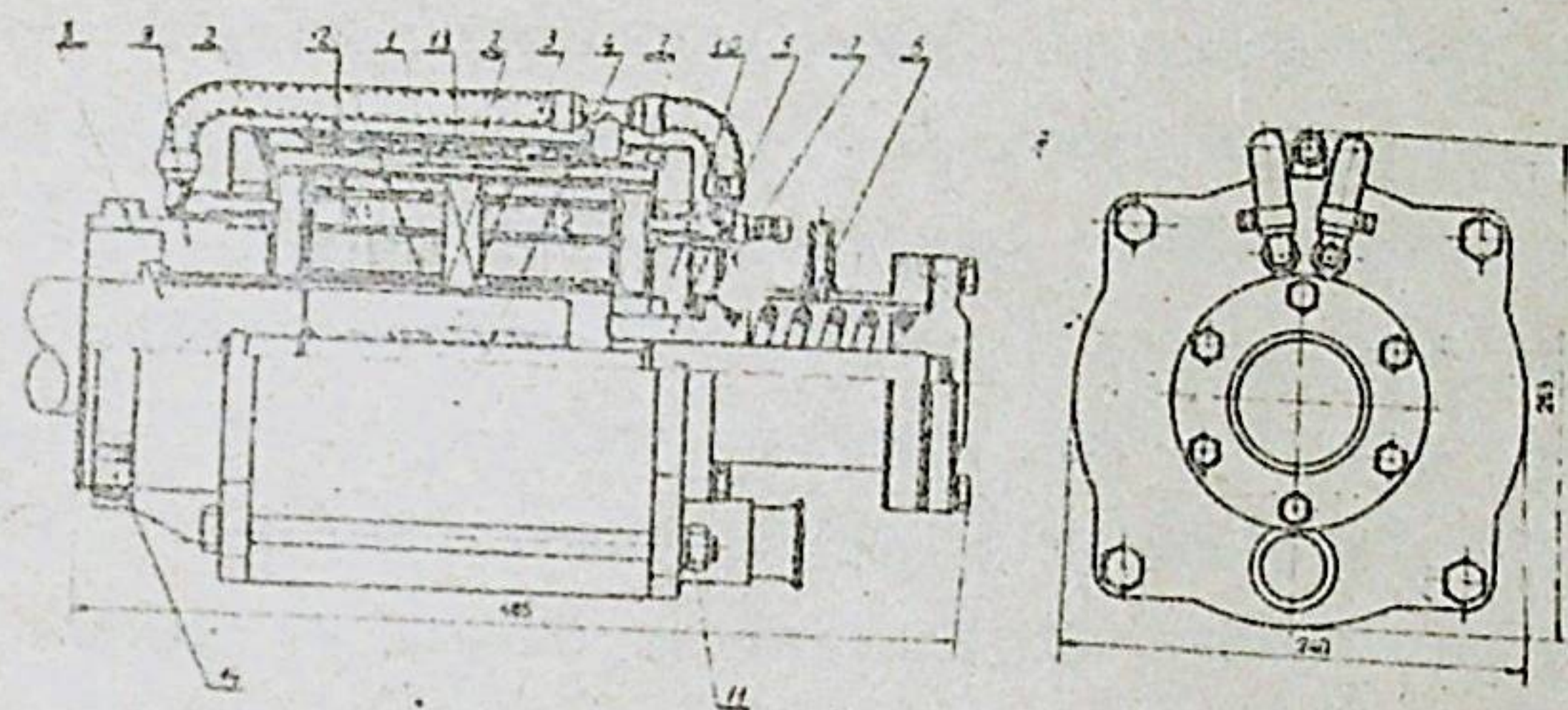


Рис. 7

гизской ССР и состоит из двух секционированных намагничивающих катушек К1 и К2; ярма 1 и полюсов 2, набранных из листовой электро-технической стали 8330; бойка 3, перемещающегося по направляющему стержню 4; буферного устройства, состоящего из плазющей втулки 5; упругого элемента - пружины 6 и амортизирующей резиновой прокладки 7; наковальни (стопа) - 8. Передний 9 и задний 10 фланцы из диамагнитного материала крепятся к ударному узлу четырьмя стяжными болтами 11. Система охлаждения конструкции выполнена в виде трех шпеевиков 12 из медной трубки $\varnothing 6 \times 1$ мм, расположенных в межсекционном пространстве. Охлаждение ярма осуществляется водой,

циркулирующей в каналах 13 кожуха. Ударный узел крепится на бурильной головке четырьмя болтами М16 через отверстия 14 в переднем фланце 9. Питание ударного узла осуществляется по однополупериодной схеме однофазным током.

Из-за отсутствия достаточно разработанной теории расчета и проектирования электромагнитных машин ударного действия выбор и обоснование параметров ударного узла УР-02 проводился экспериментальным путем. Целью экспериментальных исследований УР-02 являлось определение закономерностей влияния конструктивных параметров электромагнита (высота стопа, выбег бойка до пружины) на энергетические показатели ударного узла (энергии удара, к.п.д., $\cos \varphi$) и разработка рекомендаций по выбору их оптимальных соотношений.

Измерение электрических параметров производилось стрелочными приборами и 12 канальным светолучевым осциллографом Н-105, в энергии удара - по методике, разработанной в лаборатории привода и систем управления бурильных машин института Автоматики АН Киргизской ССР. По этой методике при помощи двух бесконтактных датчиков положения (пьезоэлементов) определяются предударная скорость бойка, по которой находится энергия удара.

Экспериментальными исследованиями были определены закономерности изменения параметров ударного узла УР-02 от напряжения сети и величин выбега бойка до пружины и высоты стопа. Установлено, что максимальная энергия удара соответствует высоте стопа равной 5мм при выбеге бойка до пружины 4,5-5мм и составляет около 9 ктм при к.п.д. равном 34% и напряжении сети 440в. Максимальному значению к.п.д. (37%) соответствует высота стопа равная 5мм и выбег бойка до пружины 5-5,5мм при энергии удара 7,3 ктм и напряжении сети 380в. Зависимость энергии удара от высоты стопа и выбега бойка до пружины дает возможность производить регулирование энергии удара,

соответствующим изменением этих параметров.

Многочисленными исследованиями и нашими экспериментами установлено, что электромагнитные ударные узлы имеют низкое значение коэффициента мощности, что снижает энергетические показатели привода. Низкое значение коэффициента мощности обусловлено работой ударного узла в периодическом переходном процессе, в результате чего велика реактивная составляющая тока, что вызывает перегрузку питающих сетей и подстанций. В целях компенсации реактивной мощности нами предлагается использовать статические конденсаторы, включаемые на вход ударного узла. Целесообразность такого решения была проверена экспериментально. Величину емкости, необходимую для полной компенсации реактивной составляющей тока, следует рассчитывать по формуле

$$C = \frac{I \sin \varphi}{U \omega} \quad (16)$$

Для устранения одновременного протекания токов в катушках рабочего и обратного ходов нами разработаны и испытаны две схемы управления тиристорами, включенными в цепь питания электромагнитов взамен неуправляемых вентилях. Одна из схем, построенная на основе импульсных мостовых элементов, позволяет производить плавное регулирование угла зажигания тиристоров и, следовательно, устранить одновременное протекание токов и дает возможность регулирования энергии удара. Вторая схема, использующая высокочастотный импульс, образованный колебательным контуром, состоящим из индуктивности электромагнита и емкости р-п переходов тиристора в момент окончания тока, позволяет автоматически, без использования дополнительных элементов конструкции ударного узла, ликвидировать одновременное протекание тока в обмотках.

Экспериментальные исследования УР-02 показали, что по энергетическим показателям он не только не уступает лучшим промышленным пневматическим ударникам, но несколько превосходит их и потребляет в 2,3-2,8 раза меньшую мощность для совершения одной и той же работы.

Для апробирования и проверки эффективности бурения с ударным узлом УР-02 он был установлен на бурильной головке БКГ взамен гидравлического ударного узла. Вращение штанги осуществлялось гидродвигателем ИМ № 5. Общий вид бурильной головки с электромагнитным ударным узлом приведен на рис. 8. Бурение проводилось по двум породным блокам -- слюдисто-амфиболовому оленцу крепостью 14+16 и крупно-зернистому граниту крепостью 18+20.

На рис. 9 приведена зависимость скорости бурения от усилия подачи при бурении горной породы крепостью 18+20 бурильной головкой с электромагнитным ударным узлом при энергии удара 8 кгм.

Сравнение результатов бурения бурильной головки с электромагнитным ударным узлом УР-02 с литературными данными и данными хронометражных наблюдений по бурению пород крепостью 18+20 пневматическими бурильными машинами показывает, что ударный узел УР-02 обеспечивает не меньшие скорости бурения.

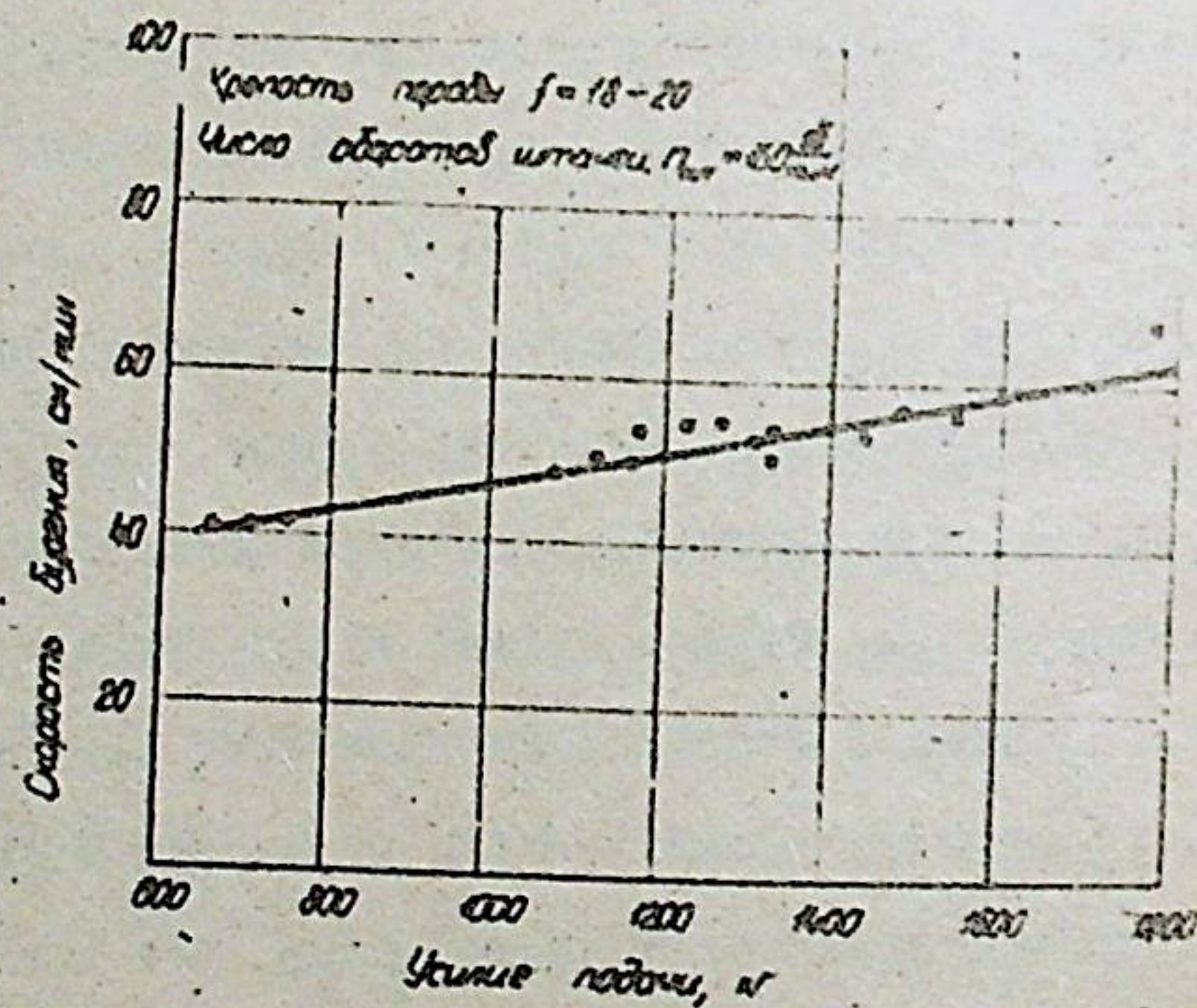


Рис. 9



Рис. 8

Результаты апробирования ударного узла УР-02 при бурении горных пород показали, что ударный узел работает устойчиво, развивая энергию удара, достаточную для эффективного разрушения горной породы; отсутствуют признаки перегрева электромагнита; не было обнаружено признаков нарушения целостности пружин буферного устройства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены некоторые вопросы расчета, конструирования, изготовления и исследования электромагнитных ударных узлов бурильных машин для бурения шпуров и скважин малого диаметра в подземных условиях. Основной направленностью исследований явилось: разработка рекомендаций по определению режима работы ударного узла, исходя из условий его эксплуатации; расчет системы охлаждения и технология ее изготовления; определение оптимальных соотношений между параметрами буферного устройства, параметрами ударного узла; создание и апробирование бурильной головки с электромагнитным приводом ударного действия.

Основные результаты работы можно кратко сформулировать следующим образом:

1. На основе анализа процесса бурения, хронометражных данных, перспективных направлений совершенствования буровой техники сформулированы основные требования к электромагнитным ударным узлам бурильных машин. Установлено, что габаритные размеры электромагнитных ударных узлов для бурильных машин не должны превышать по высоте - 260 мм, ширине - 250 мм. Ударная мощность при бурении шпуров диаметром 42 мм должна составлять 4-4,5 квт при длительном режиме работы электромагнитного ударного узла.

2. Разработанная система интенсивного принудительного охлаждения катушки электромагнитного ударного узла позволяет обеспечить длительный режим работы при плотности тока 12 а/мм^2 и максимальном перегреве не более 150°C .

Экспериментальные исследования показали, что предложенная методика расчета позволяет с достаточной для практики точностью определять параметры системы охлаждения катушки электромагнита и может быть рекомендована для инженерных расчетов. Установлено, что наиболее эффективной технологией изготовления секционированных катушек электромагнита, является технология, предполагающая заполнение обмотки эпоксидным компаундом в вакууме после намотки.

3. Рассмотрены возможности уменьшения нагрузки на пружину буферного устройства электромагнитных ударных узлов. Установлено, что при заданном объеме буферного устройства и энергии удара напряжения, возникающие в пружине имеют минимальную величину при отношении диаметра проволоки к диаметру пружины равному 0,21. Экспериментально проверена возможность разгрузки пружины путем введения дополнительного немеханического упругого элемента - сжатого воздуха - в камеру буферного устройства. При давлении воздуха в камере буферного устройства равном 5 атм напряжения, возникающие в пружине, уменьшаются почти в два раза.

4. Разработана и апробирована методика определения энергии удара с помощью бесконтактных электрических датчиков положения, позволяющая с достаточной степенью точности проводить экспериментальные исследования ударных узлов.

5. Определены зависимости энергетических показателей ударного узла от конструктивных параметров - высоты стопа и выбега бойка до пружины. Установлено, что для электромагнитного ударного узла УР-02 оптимальные параметры обеспечиваются при выбеге бойка до пружины.

жины 4,5+5,0 мм и высоте стопа 5 мм. Для повышения коэффициента мощности электромагнитных ударных узлов необходимо перед вентильным каскадом устанавливать компенсирующие устройства.

С целью устранения одновременного протекания токов в катушках электромагнита рекомендованы апробированные схемы тиристорного управления питанием ударного узла.

6. Установлено, что при неизменном напряжении питания регулирование энергии удара (в сторону уменьшения) может производиться изменением высоты стопа, выбеге бойке до пружины, давления сжатого воздуха в камере буферного устройства.

Создан и изготовлен электромагнитный ударный узел УР-02, развивающий энергию удара 7-8 кДж с частотой ударов 3000 уд/мин при напряжении сети 380В.

7. Бурение горных пород бурильной машиной с электромагнитным ударным узлом показало, что по энергетическим показателям и скорости бурения ударный узел УР-02 не уступает лучшим промышленным образцам ударных узлов. При бурении горных пород крепостью $f = 18 \pm 20$ по шкале проф. М.М.Протоdjяконова бурильная головка с УР-02 обеспечивает средние скорости бурения до 60 см/мин.

Дальнейшим этапом работ является проведение испытаний бурильной машины с электромагнитным ударным узлом в производственных условиях.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ ДОЛОЖЕНО :

1. На III Всесоюзном координационном совещании по бурению и скважин (г.Фрунзе, 1966).

2. На заседании секции по разрушению горных пород Научного Совета "Новые процессы и способы производства работ в горном деле"

Государственного Комитета Совета Министров СССР по науке и технике (г.Фрунзе, 1967).

3. На XIV, XV, XVI научно-производственных конференциях Фрунзенского политехнического института (г.Фрунзе, 1968-1970 г.г.).

4. На конференции по разрушению горных пород (г.Караганда, 1968).

5. На юбилейной конференции молодых ученых Киргизии (г.Фрунзе, 1968).

6. На Всесоюзном совещании по проблеме "Силовые импульсные системы" (г.Новосибирск, 1969).

ОПУБЛИКОВАНО В СТАТЬЯХ

1. О создании специализированного бурового электропривода. Сб. Проблемы разработки рудных месторождений с применением скважинных зарядов уменьшенного диаметра. Фрунзе, 1968. (Соавторы А.В.Фролов, Ю.В.Кудрук, Л.Р.Еникеева, А.Б.Бообеков).

2. Задачи и направления работ в области создания электропривода буровой техники для подземных условий. Сб. Бурильные машины. Изд. "Илим", Фрунзе, 1969. (Соавторы А.В.Фролов, Ю.В.Кудрук, Л.Р.Еникеева, А.Б.Бообеков).

3. К вопросу оживления электромагнитного ударного узла бурильных машин вращательно-ударного действия. Сб. Совершенствование буровых машин. Изд. "Илим", Фрунзе, 1970. (Соавтор А.В.Фролов).

4. Результаты исследования электромагнитного привода ударного действия. Сб. Совершенствование буровых машин. Изд. "Илим", Фрунзе, 1970. (Соавтор А.В.Фролов).

5. Повышение энергетических показателей электромагнитного ударного узла (в печати).

6. Способ определения энергии удара ударных машин (в печати).
(Совтор А.В.Фролов).

7. Исследование буферного устройства электромагнитных ударных узлов (в печати). (Совтор А.В.Фролов).

ПОДПИСАНО В ПЕЧАТЬ 22.III 1971 г. ФОРМАТ БУМАГИ
60×90^{1/16}. ОБЪЕМ 1,75 л. л.
Д — 05344 ЗАКАЗ 776 ТИРАЖ 200 ЭКЗ.

Г. ФРУНЗЕ, ТИПОГРАФИЯ АН КИРГИЗ. ССР.
УЛ. ПУШКИНА, 100.