

Ю. Ф. ПЛУЖНИК, С. В. ТКАЧЕНКО, Ф. В. НОВИКОВ, докт. техн. наук.
(г. Харьков)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РЕЛИТОВОГО ТОРЦОВОГО УПЛОТНЕНИЯ ПОСЛЕ ЕГО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Приведены результаты экспериментальных исследований надежности работы релитового торцового уплотнения нижнего конца вала электродвигателя после его механической обработки.

The results of experimental research of work reliability of frontal compaction its machining are presented.

Для обеспечения надежной работы электробура в скважине с наработкой на отказ 200 час чрезвычайно актуальными являются исследования торцовых уплотнений электробуров при работе с гидромониторными долотами и перепадом давлений 12–15 МПа [1, 2, 3]. В связи с этим необходимо обеспечить надежность системы гидрозащиты и, в первую очередь, торцового уплотнения нижнего конца вала электродвигателя и редуктора-вставки, которые могут воспринимать высокие перепады давления. Поэтому целью статьи является анализ результатов экспериментальных исследований надежности работы торцового уплотнения нижнего конца вала электродвигателя.

Стендовые испытания проводились при высоких перепадах давления, равных 7 и 12 МПа, и частотах вращения 280; 500; и 700 об/мин. Для этого были разработаны и изготовлены два испытательных стенда и воздушный мультипликатор, позволяющий изменять перепад давления от 1 до 15 МПа.

На рис. 1 показан мультипликатор, состоящий из двух цилиндров разных диаметров, связанных между собой штоком 6 с плунжерной парой 8. В верхнем цилиндре размещен поршень 4, перемещение которого происходит от воздушной системы давлением 0,8

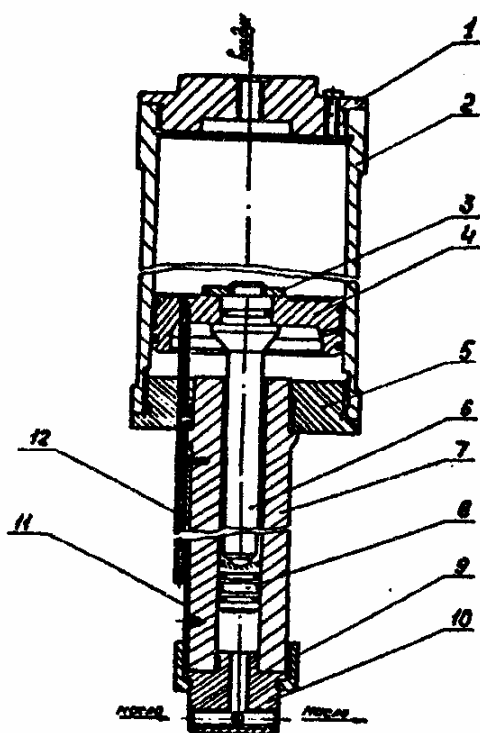


Рис. 1. Мультипликатор на 15 МПа:
1 – верхняя крышка; 2 – корпус; 3 – гайка; 4 – поршень; 5 – нижняя крышка; 6 – шток; 7 – цилиндр; 8 – плунжер; 9 – гайка; 10 – распределитель; 11 – шкала делений; 12 – указатель.

МПа. Отношение сечений верхнего и нижнего цилиндров дает на выходе давление до 15 МПа. Расход масла измеряется перемещением указателя 12 по шкале 11 с ценой деления 1 см^3 .

На рис. 2 показан рабочий узел стенда для испытания торцовых уплотнений. Он состоит из цилиндрического корпуса 5, закрытого с двух сторон крышками 1 и 8. Корпус 5 имеет с наружной стороны полость для охлаждающей воды. В рабочем узле образуется три камеры: камера высокого давления с внешним подводом масла к торцовым уплотнениям; нижняя камера низкого давления

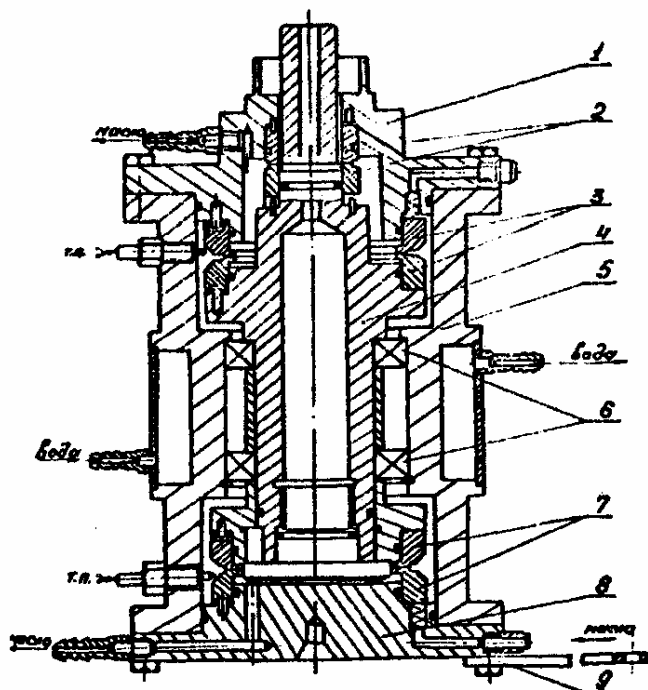


Рис.2. Рабочий узел стенда для испытания торцовых уплотнений: 1 — верхняя крышка; 2 — запирающее торцовое уплотнение; 3 — верхнее торцовое уплотнение; 4 — вал; 5 — корпус; 6 — шарикоподшипник; 7 — нижнее торцовое уплотнение; 8 — нижняя крышка; 9 — рычаг.

ваются на валу. В связи с этим, действующая на подшипники осевая нагрузка остается постоянной и не влияет на величину момента трения. Установка рабочего узла на центре 1 дает возможность производить измерение момента трения во время испытания динамометром через рычаг 9.

На рис. 3 приведен рабочий узел для испытания одного торцового уплотнения с внешним подводом масла. В нем имеются две камеры:

1. Камера высокого давления с перепадом давления от мультипликатора (рис. 1) до 7 МПа. Эта камера образована корпусом 4, торцовой парой 7, крышкой 8 и валом 6.

2. Камера низкого давления (где масло находится без избыточного давления) образована валом 6, крышкой 1, торцовым уплотнением 2 и соединена гибким

нижняя камера низкого давления масла (без избыточного давления); верхняя камера низкого давления.

Камера высокого давления образуется корпусом 5, крышками 1 и 8, релитовыми торцовыми уплотнениями 3 и 7, валом 4. Нижняя камера низкого давления образована торцовым уплотнением 7, крышкой 8, валом 4 и соединена с мерным цилиндром, что дает возможность измерять расход масла через торцовое уплотнение 7. Верхняя камера низкого давления, образованная релитовым торцовым уплотнением 3, крышкой 1, валом 4 и запирающим торцовым уплотнением 2, также соединена с мерным цилиндром для замера расхода масла через торцовое уплотнение 3.

Благодаря симметричному расположению испытуемых торцовых уплотнений, осевые силы, возникающие вследствие высокого давления масла, уравновешиваются на валу.

шлангом с мерным цилиндром.

Такая схема дает возможность производить измерение утечки масла через одно торцовое уплотнение. Отбор тепла, выделяемого торцовым уплотнением во время работы, производится проточной водой, которая протекает между корпусом 4 и кожухом. Рабочий узел установлен на центре и через рычаг 9 динамометром измеряется момент трения.

Оба рабочих узла установлены на стендах, приводом которых служат

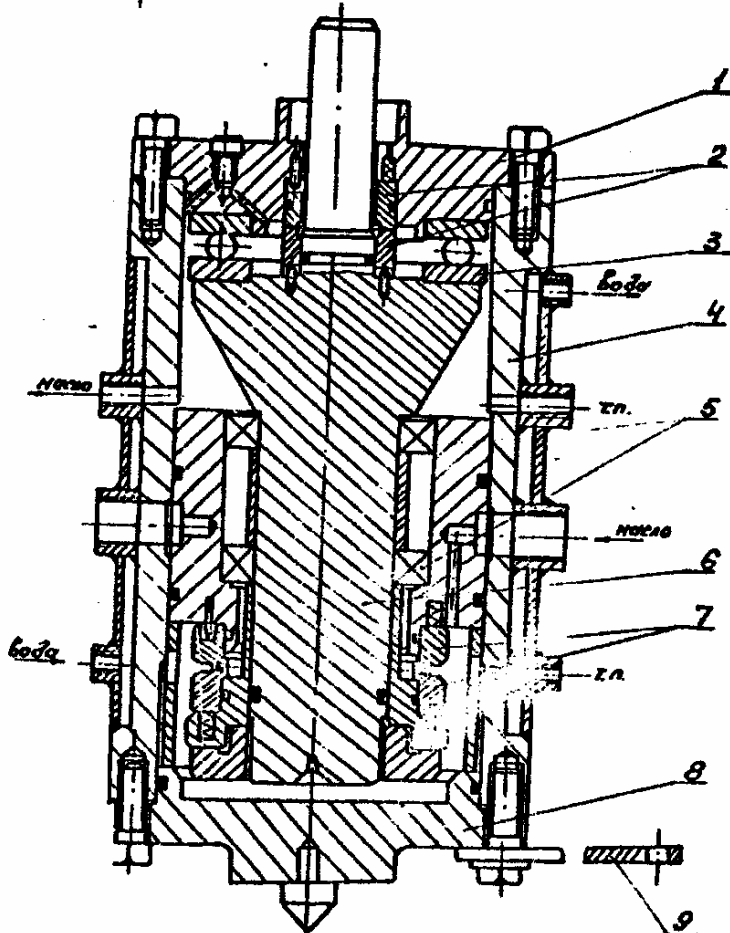


Рис. 3. Рабочий узел стенда для испытания торцового уплотнения: 1 – верхняя крышка; 2 – запирающее торцовое уплотнение; 3 – шарикоподшипник; 4 – корпус; 5 – шарикоподшипник; 6 – вал; 7 – торцовое уплотнение; 8 – нижняя крышка; 9 – рычаг.

каждого отдельного испытания. В некоторых случаях частота вращения в процессе испытания изменялась.

4. Ширина уплотняющей поверхности 3,5; 5; 7 мм.

На втором этапе испытания проводились при перепаде давления до 12 МПа при следующих одинаковых условиях:

1. Давление масла в камере высокого давления повышалось на 1 МПа в диапазоне 1-12 МПа через каждые 16 часов.

электродвигатели постоянного тока П-72, позволяющие регулировать частоту вращения от 200 до 1000 об/мин.

Для проведения экспериментальных исследований торцового уплотнения нижнего конца вала электродвигателя (редуктора-вставки) была разработана специальная методика. Согласно этой методике испытания проводились в два этапа.

На первом этапе испытания проводились при перепаде давления до 7 МПа при следующих условиях:

1. Давление масла в камере высокого давления повышалось на 1 МПа в диапазоне 1-7 МПа через каждые 8 или 16 часов.

2. Масло – авиационное масло МС-20 ГОСТ 21743-76 и трансформаторное масло ГОСТ 10121-76.

3. Частота вращения 700; 500; 280 об/мин для

2. Масло авиационное МС-20 ГОСТ 21743-76.
3. Частота вращения 280; 700 об/мин.
4. Ширина уплотняющей поверхности 5 мм.

При достижении $\Delta P=12$ МПа, на втором этапе, испытания продолжались при данном постоянном перепаде давления масла.

В процессе испытания через каждый час проводились измерения: расхода масла через торцовое уплотнение, см³; момента трения, Н·м; температуры масла, °С; давления масла, МПа.

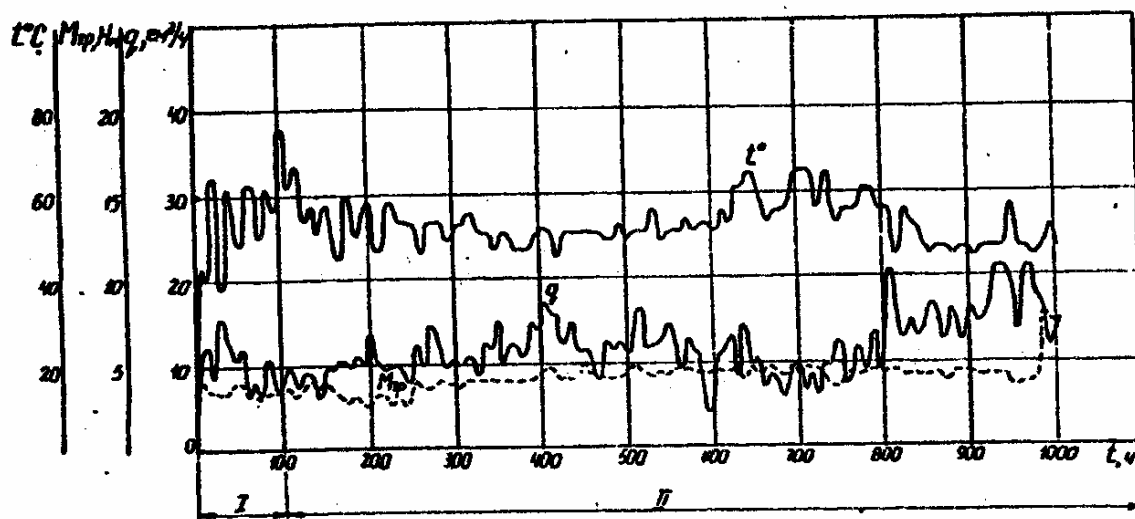


Рис. 4. Зависимости утечки масла, момента трения и средней температуры от времени испытания двух торцовых уплотнений ($n=700$ об/мин, $b=5$ мм, масло трансформаторное): I – $\Delta P=1...7$ МПа; II – $\Delta P=7$ МПа.

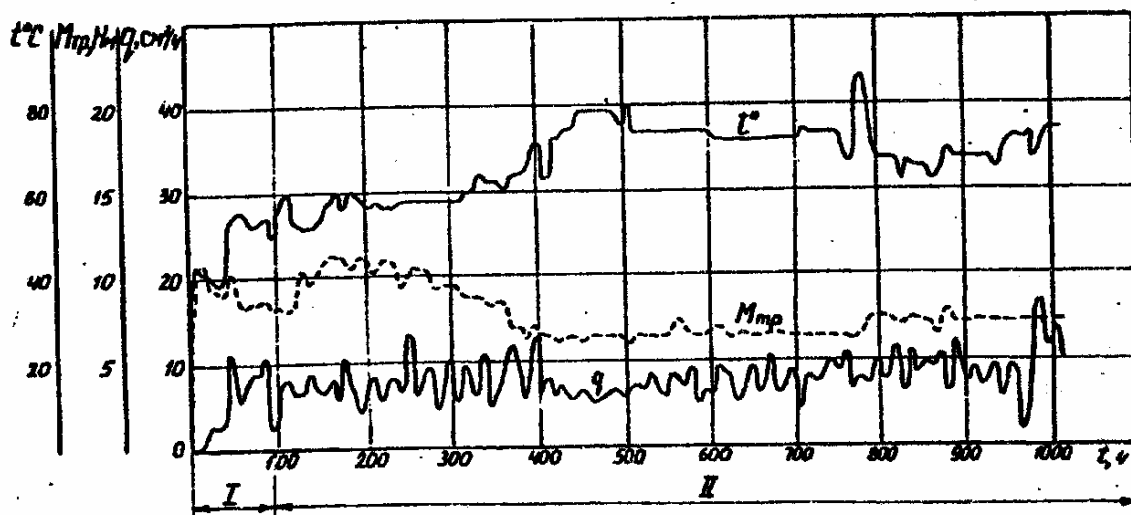


Рис. 5. Зависимости утечки масла, момента трения и средней температуры от времени испытания двух торцовых уплотнений ($n=700$ об/мин, $b=5$ мм, масло авиационное МС-20): I – $\Delta P=1...7$ МПа; II – $\Delta P=7$ МПа.

Расход масла измерялся объемным способом по шкале мультипликатора и сравнивался с наполнением масла в мерных цилиндрах, соединенных с камерами низкого давления. Измерение температуры масла в зоне торцовых уплот-

нений производилось с помощью хромель-копелевых термопар.

Для проведения экспериментальных исследований при каждом испытании использовалось торцовое уплотнение с шероховатостью уплотняющей поверхности не ниже $R_a=0,2$ мкм. После окончания испытания рабочий узел подвергался ревизии, а торцовое уплотнение измерялось на износ по высоте. При этом снимались профилограммы уплотняющей поверхности. Во всех испытаниях профилограммы сняты по радиусу от внутреннего диаметра D_1 к наружному диаметру D_2 .

В рабочем узле (рис. 2), предназначенном для одновременного испытания двух торцовых уплотнений, проводились испытания двух торцовых уплотнений с шириной уплотняющей поверхности 5 мм при 700 об/мин: одно испытание проводилось с авиационным маслом МС-20, а другое – с трансформаторным маслом.

На рис. 4 представлены графически результаты испытаний с применением трансформаторного масла, а на рис. 5 – с применением масла МС-20. Профилограммы уплотняющих поверхностей этих торцовых уплотнений после испытаний представлены на рис. 6 и рис. 7 соответственно.

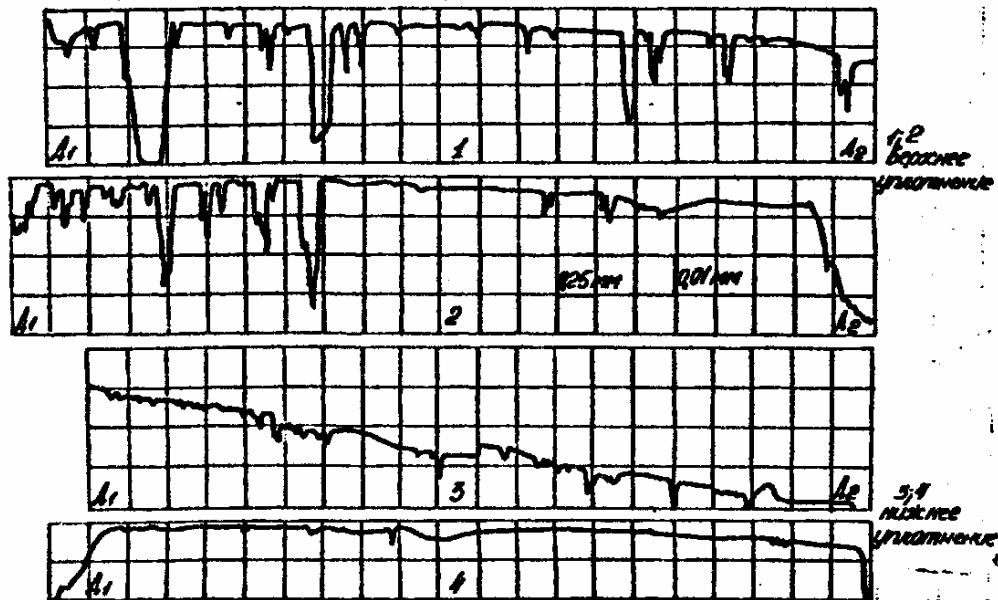


Рис. 6. Профилограммы уплотняющей поверхности релитовых торцовых уплотнений после испытания с трансформаторным маслом ($\Delta P=7$ МПа; $n=700$ об/мин; $b=5$ мм, общее время работы 1004 ч): 1; 4 – неврещающее кольцо; 2; 3 – вращающееся кольцо.

Как видно из графика (рис. 4), утечка трансформаторного масла составляла в среднем $10-12$ см³/ч и в конце испытания увеличилась до $16-17$ см³/ч, в основном через нижнее уплотнение, что объясняется износом вращающегося кольца (рис. 6). В этом случае в зазоре между уплотняющими поверхностями образуется тонкая масляная пленка, в результате чего возникает контакт поверхностей и увеличивается износ со стороны повышенного перепада давления.

При работе торцовых уплотнений с маслом МС-20 (рис. 5) утечка была ниже и находилась в пределах $6-7$ см³/ч, тогда как момент трения, а особенно

температура, были выше. Износ уплотняющей поверхности (рис.7) в данном испытании, по-видимому, связан с перегревом, т.к. температура масла во время испытания (рис. 5) повышалась до 90°С. Следовательно, в зоне контакта она была значительно выше, а из-за перегрева масла в камере верхнего уплотнения скапливались газы, ухудшалось охлаждение, поэтому был получен повышенный износ верхнего торцового уплотнения по наружному диаметру уплотняющей поверхности. Износ нижнего торцового уплотнения можно объяснить плохим охлаждением из-за малого объема масла в нижней камере низкого давления. Однако, несмотря на значительный износ уплотняющих поверхностей, торцовые уплотнения не потеряли герметичность и после наработки на стенде 1012 ч испытание было прекращено, при этом утечка в конце испытания составила 12 см³/ч.

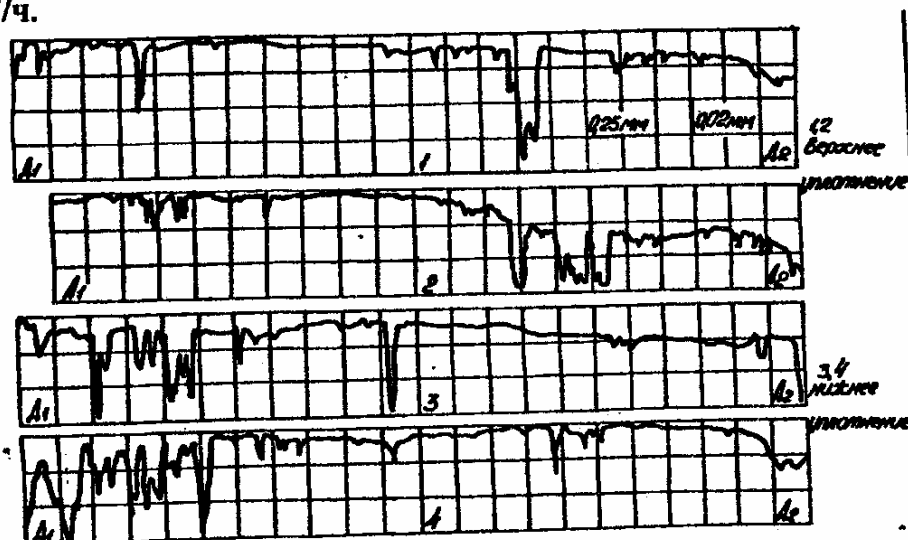


Рис. 7. Профилограммы уплотняющей поверхности релитовых торцовых уплотнений после испытания с маслом МС-20 ($\Delta P=7$ МПа; $n=700$ об/мин; $b=5$ мм, общее время работы 1012 ч): 1; 4 – неврещающее кольцо; 2; 3 – вращающееся кольцо.

Следует отметить, что повышение перепада давления до 7 МПа в этом случае не оказывало существенного влияния на утечку и момент трения как при работе с трансформаторным маслом, так и с маслом МС-20.

Список литературы: 1. *Ткаченко В.П.* Разработка промышленной технологии изготовления торцовых уплотнений для электробуровой техники. – Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ “ХП”. - 2002. - №9, т.11. – С. 91-96. 2. *Ткаченко В.П.* Высокоэффективная технология алмазно-абразивной обработки релитовых торцовых уплотнений. - Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Материалы 6-й Международной научно-технической конференции, 10-11 октября 2002 г. - Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2002. - С. 44-49. 3. *Плужник Ю.Ф., Лисовин А.Ф.* Износостойкие релитовые торцовые уплотнения погружного электрооборудования для бурения скважин и добычи нефти. - Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. Материалы 5-й Международной научно-технической конференции, 28-29 мая 2002 г. - Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2002. - С. 747-748.

Поступила в редколлегию 01.06.05