

# РАСЧЕТ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН

Е. Г. Прахоцкий

Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. С. Асадчев

Винтовой забойный двигатель (англ. *positive displacement motor; mud motor; drilling motor*) – это гидравлическая машина объемного (гидростатического) действия. Основными элементами конструкции являются: двигательная секция, шпиндельная секция, регулятор угла. Винтовые забойные двигатели (ВЗД) применяют для бурения скважин различной глубины, они широко применяются для наклонно-направленного и горизонтального бурения.

В настоящее время недостаточно изучен вопрос эксплуатационного учета наработок на отказ и достоверного определения межремонтных периодов и полных ресурсов гидравлических забойных двигателей (ГЗД) и составляющих их элементов (узлов и деталей) до критического износа и списания при реализации турбинного способа бурения в процессе бурения глубоких скважин и боковых стволов. Это при-

водит при работе ГЗД к сокращению длительности рейсов и снижению эффективности турбинного бурения, особенно при использовании ГЗД в компоновке с алмазными долотами.

Недостаточно объективное установление эксплуатационных показателей надежности ГЗД, отсутствие обоснованных структур и состава ремонтных работ, а также соответствующих норм расхода ЗИП к ним приводит к искажению реальных потребностей буровых предприятий в ГЗД различных типоразмеров и составляющих их элементах (узлах и деталях).

Рассматривая ГЗД как единые механические системы, под эксплуатационной надежностью понимают свойства ГЗД, состоящих из нескольких элементов (узлов и деталей), выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Различая для ГЗД два вида надежности: потенциальную и фактическую, – в условиях цехов по ремонту ГЗД, оснащенных соответствующими испытательными стендами типа СОИ, – потенциальная надежность определяется на основании энергетических характеристик ГЗД (новых или отремонтированных), снятых перед направлением их на буровые, а фактическую надежность – после отработки ГЗД на буровых (перед их разборкой).

Результаты стендовых исследований различных типов ГЗД положены в основу методики оценки остаточного ресурса и энергетических характеристик ГЗД, которая позволяет установить вероятностную, – с достаточной степенью достоверности – их количественную оценку для принятия решения о целесообразности дальнейшей отработки ГЗД и прогнозирования ее длительности.

Порядок расчетов в соответствии с вышеобозначенной методикой включает следующие этапы работ:

*Этап 1.* Снятие показателей работы ВЗД при трех значениях производительности насосной установки испытательного стенда типа СОИ (СОИ-500 или СОИ-250).

1.1. Снятие показателей работы ВЗД при трех значениях производительности насосной установки испытательного стенда:  $Q_1$ (макс);  $Q_2$ (средн.);  $Q_3$ (мин) на характерных режимах работы ВЗД (режим холостого хода, режим максимума КПД и режим максимума мощности).

1.2. Полученные показатели заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Пример показателей ВЗД – ДР1-240 № 213/33 на характерных режимах

Производительность, л/с	Момент, кН · м	Частота вращения, об/с	Частота вращения, об/мин	Давление, МПа	Мощность, кВт	КПД, %
Режим холостого хода						
13,16	0	0,796	47,76	0,43	0	0
18,84	0	1,136	68,16	0,526	0	0
22,15	0	1,322	79,32	0,684	0	0
Режим максимума КПД						
13,16	1,747	0,668	40,08	1,063	7,332	52,427
18,84	3,123	0,929	55,74	1,966	18,22	49,187
22,15	3,614	1,096	65,76	2,329	24,88	48,255

Окончание табл. 1

Производительность, л/с	Момент, кН·м	Частота вращения, об/с	Частота вращения, об/мин	Давление, МПа	Мощность, кВт	КПД, %
Режим максимума мощности						
13,16	4,384	0,457	27,42	2,68	12,586	35,692
18,84	5,309	0,742	44,52	3,042	24,735	43,154
22,15	6,631	0,846	50,76	3,926	35,251	40,552

1.3. Построение зависимости вращающего момента, развиваемого ВЗД, от производительности ( $Q_1$ ;  $Q_2$ ;  $Q_3$ ) насосной установки испытательного стенда в режиме максимального КПД и в режиме максимальной мощности (рис. 1).

$$M = f(Q). \quad (1)$$

Пользуясь линейной аппроксимацией, полученная зависимость достраивается до требуемых значений производительности в прогнозируемых условиях.

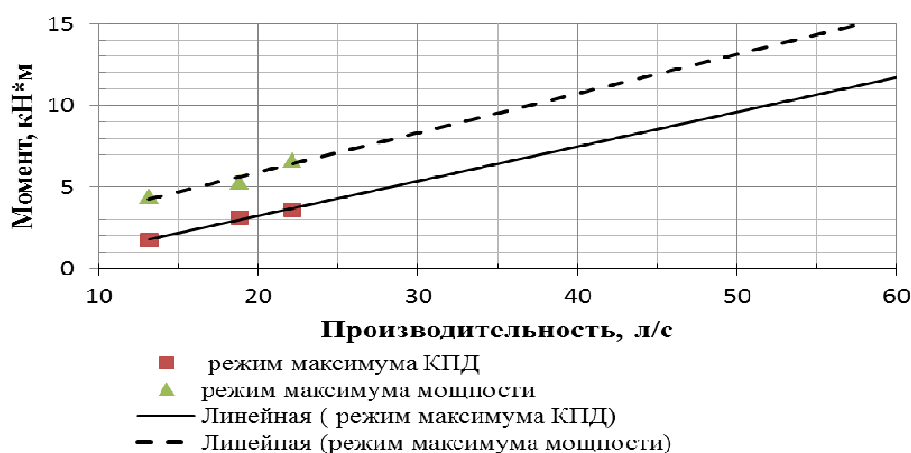


Рис. 1. Пример зависимости момента на ВЗД Д1-240М №33/213 от производительности  $Q$

Этап 2. Определение необходимого момента для вращения долота в зависимости от его типоразмера, осевой нагрузки и типа разбуриваемых пород;

2.1. Необходимый момент  $M$  для обеспечения вращения долота в прогнозируемых условиях бурения в зависимости от необходимой осевой нагрузки  $G_{\text{нагр}}$ , диаметра долота  $D$  и коэффициента  $m_0$  сопротивления вращению долота рассчитывается по формуле (2):

$$M = m_0 \frac{D}{2} G_{\text{нагр}}. \quad (2)$$

2.2. Коэффициент сопротивления вращению долота  $m_0$  в зависимости от типа долота и разбуриваемых пород принимается по справочным данным, представленным в табл. 2.

Коэффициенты сопротивления « $m_0$ » вращению долота

Шарошечные долота						PDC	
тип вооружения						для карбонатных пород	для галитовых пород
М, МЗ	МС, МСЗ	С, СЗ	СТ, СТЗ	Т, ТЗ	К	–	–
0,095	0,085	0,074	0,058	0,053	0,042	0,21	0,25

2.3. Для наиболее распространенных в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» диаметров долот на диаграммах (рис. 2, а, б) приведены рассчитанные в соответствии с п.п. 2.1 и 2.2 зависимости момента на долоте от его типоразмера, приложенной осевой нагрузки и типа проходимых горных пород.

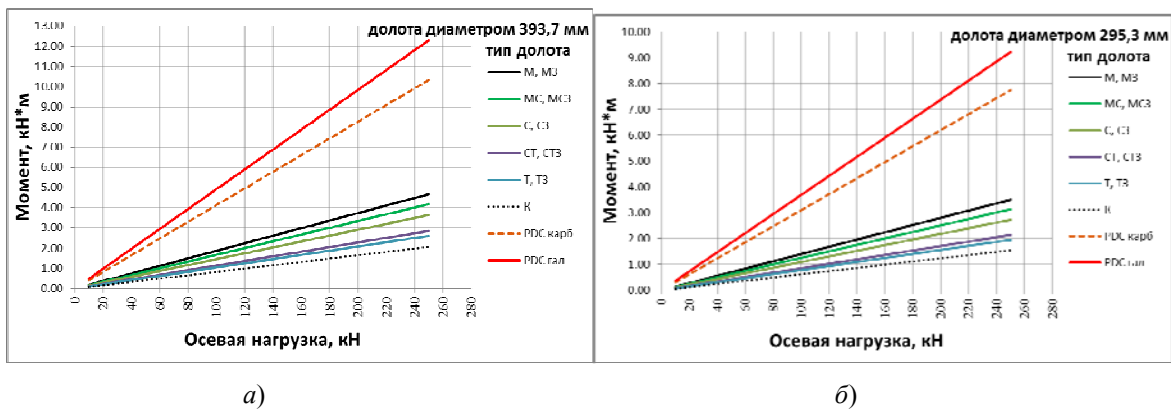


Рис. 2. Примеры диаграмм зависимости момента на долоте от его типоразмера, приложенной осевой нагрузки и типа разбуриваемых горных пород: а – для долот диаметром 393,7 мм; б – для долот диаметром 295,3 мм

**Этап 3.** Определение пригодности ВЗД для эксплуатации в заданных (планируемых) условиях.

3.1. Для определения требуемых характеристик в прогнозируемых условиях – аналогично действиям этапов 1 и 2 – строятся зависимости момента, перепада давления и частоты вращения при трех характерных режимах работы ВЗД от производительности.

3.2. В результате анализа данных, занесенных в таблицу и включающих значения энергетических характеристик ВЗД, снятых на стенде, а также особенностей условий и параметров режима бурения на планируемой скважине, делается заключение о пригодности тестируемого ВЗД – в зависимости от его износа – к дальнейшей работе в запланированных условиях на проектируемой скважине.

**Этап 4.** Определение характеристик ВЗД, необходимых для оптимизации параметров режима бурения и поддержания их в рациональных пределах в процессе бурения в запланированных условиях.

4.1. Расчет гидравлических программ для бурения скважин в прогнозируемых условиях с использованием протестированных ВЗД производится с использованием полученной зависимости давления от производительности в режиме холостого хода.

4.2. На буровой по значениям перепада давления и производительности буровых насосов определяется режим работы ВЗД и корректируются режимно-гидравлические параметры бурения с целью использования ВЗД в режиме максимального КПД.

4.3. Отработку двигателя на буровой рекомендуется производить в режиме максимального КПД с обеспечением установленного для определенного типоразмера ВЗД значения дифференциального перепада давления на ВЗД. По значению дифференциального перепада давления на ВЗД и производительности буровых насосов в условиях буровой можно определить режим работы ВЗД и частоту вращения ВЗД.

Этап 5. Прогнозирование остаточного ресурса ВЗД.

5.1. Ресурс ВЗД зависит от многих факторов, основными являются: режим работы ВЗД; плотность бурового раствора; содержание твердой фазы в буровом растворе.

5.2. Основным критерием износа ВЗД является зависимость падения развиваемого им вращающего момента в режиме максимальной мощности при рекомендованных (паспортных) значениях производительности от времени.

5.3. Пример определения остаточного ресурса ВЗД приведен для ДР-240 с наработкой 113 ч на рис. 3.

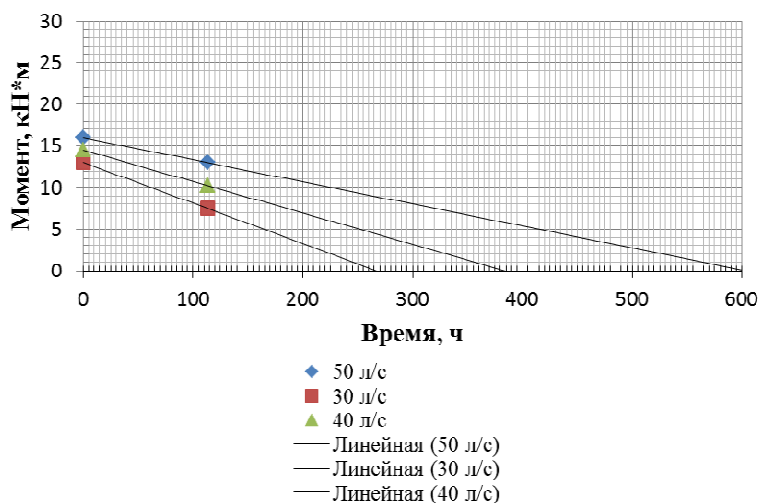


Рис. 3. Пример прогнозирования остаточного ресурса ВЗД ДР 240

Прогнозирование остаточного ресурса ГЗД позволит при поддержании ГЗД и породоразрушающего инструмента в работоспособном состоянии в течение длительного времени интенсифицировать параметры режима бурения и 113 ч длительность рейсов, обусловленную объективным повышением межремонтного периода ГЗД, особенно при их работе в компоновке с алмазными долотами, что обеспечит повышение механической и коммерческой скоростей бурения и снижение эксплуатационных затрат на 1 м проходки со значительным годовым экономическим эффектом.