

АНАЛИЗ ВИБРОАКТИВНОСТИ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА ОСНОВЕ МКЭ

Волоховская О.А.

ИМАШ РАН; Россия, 101990, Москва, Мал. Харитоньевский переулок, д. 4; тел.: +7(499)1355584, факс : +7(499)1353047, E-mail: OlgaAVol @ yandex.ru

Российской Федерации более 65% нефти добывается с помощью скваженных электроприводных центробежных насосов (ЭЦН). ЭЦН являются весьма сложными динамическими системами (многосекционными и многоступенчатыми), в которых следует различать внутренние колебания – относительные колебания ротора и статора и внешние колебания - статора насоса относительно обсадной трубы. Основным фактором, влияющим на надежность и ресурс насосов, является их вибрационная активность, на уровень которой накладываются весьма жесткие ограничения.

Анализ конструкции секции ЭЦН насоса как динамической системы показывает, что в ней возможно возбуждение:

- вынужденных колебаний под воздействием неуравновешенности (линейной и угловой) рабочих колес;
- параметрических колебаний, обусловленных анизотропией жесткости вала вследствие наличия шпоночного паза;
- автоколебаний, вызванных неконсервативными силами, возникающими в масляном слое подшипников и в нефтяном слое между валом и прилегающих к нему частями направляющих аппаратов.

Особенностями работы насосной секции в «полевых условиях» являются неопределенность в условиях оперирования статора секции ЭЦН на обсадную трубу. Это влечет за собой неопределенность в формулировке соответствующих граничных условий, а также в величине и распределении по оси вала неуравновешенности рабочих колес. Поэтому выявление причин, в наибольшей степени влияющих на вибрационную активность ЭЦН, и разработка алгоритмов количественной оценки уровней вызываемых ими вибраций представляют собой актуальную задачу.

В докладе на основе анализа динамики системы предложен принцип формирования структурной схемы конструкции ЭЦН, а также приведены ее математическая модель и методика расчета уровней возникающих вибраций на основе применения МКЭ. При создании КЭ модели системы «ротор – обсадная труба» главное внимание было уделено особенностям формирования следующих матриц и векторов:

- матриц жесткости подшипников и втулок;
- глобальной матрицы инерции и жесткости;
- глобальной матрицы податливости ротора и статора;
- матрицы податливости, отнесенной к опорам;
- матрицы податливости системы от возбуждающих сил;
- полного вектора возбуждающих сил;
- вектора реакций в опорах;
- вектора амплитуд колебаний ротора и статора.

Приведен пример расчета вибрационных характеристик секции насоса типа ДВС5-50, результаты которого достаточно хорошо совпали с данными эксперимента в условиях стендовых испытаний. Предлагаемая методика может служить расчетной основой разработки рекомендаций по реализации мероприятий для повышения вибрационной надежности погружных центробежных насосов для нефтедобычи.