

Оптимизация конструкции насосной штанги методом конечных элементов

*К.Р. Уразаков (ООО «РН-УфаНИПИнефть»),
Р.Н. Бахтизин, Р.Р. Ризванов (УГНТУ)*

Одним из основных факторов, сдерживающих полное использование потенциальных возможностей глубоких добывающих скважин (3500-4000 м), является качество штанговых колонн. Практика показывает, что на штангах, выпускаемых отечественной промышленностью, насос диаметром 28 мм может быть спущен на максимальную глубину 2000 м, для насоса большего диаметра максимальная глубина спуска еще меньше. При этом добычные возможности скважин используются лишь на 40-50 %. В связи с этим предлагается принципиально новая конструкция насосной штанги.

Насосная штанга существующей конструкции изготавливается высадкой головки штанги при высокотемпературном нагреве в пять переходов. Это снижает техническую характеристику штанги в связи с нарушением исходной микроструктуры металла и повышает стоимость производства. Для устранения указанных недостатков предлагается конструкция штанги из отдельных элементов в отличие от стандартной монолитной. Предлагаемая штанга имеет: 1) тело штанги с высаженными концами в один переход при низкотемпературном нагреве; 2) головки, имеющие внешнюю резьбу с одного конца и внутреннюю с другого. Высадка в один переход при низкотемпературном нагреве позволяет сохранить исходную микроструктуру материала.

Оптимизация новой конструкции реализована итерационным редактированием конструкции штанги и моделированием на ПЭВМ методом конечных элементов. Моделирование показало, что необходимо утолщение переводной муфты, область лыски имеет повышенное напряженное место. Канавка между резьбами в переводной муфте, резкие изменения диаметра отверстия, а также утоньшение муфты, первоначально малый продольный размер канавки и малый радиус закругления у резьбы тела штанги также способствовали концентрации напряжений. С учетом выявленных слабых мест была оптимизирована конструкция предлагаемой насосной штанги.

Для оценки полученной конструкции был проведен сопоставительный анализ технической характеристики новой и стандартной штанг. Моделирование насосной штанги по ГОСТ Р 51161—2002 при статическом нагружении узлового соединения штанг усилием 60 кН показало, что исследуемая область имеет участки с напряжением (эквивалентным по Фон-Мизесу) около 395 МПа. При тех же условиях начальная конструкция новой насосной штанги показала максимальное напряжение, в среднем в 2 раза превышающее существующее. После заключительной итерации оптимизации конструкции предлагаемой штанги максимальное эквивалентное напряжение снижено до ≈ 300 МПа. В работе приводятся основные итерации процесса оптимизации.

Таким образом, разработана принципиально новая конструкция насосных штанг; защищенная патентом РФ и позволяющая увеличить добычу нефти из глубоких скважин на 40-50 %.