

УДК 621.644.073

**ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПРОВОДА «МОЗЫРЬ-БРЕСТ»  
НА УЧАСТКЕ 289-290 КМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ЕГО УКЛАДКЕ  
С ОТСТУПЛЕНИЕМ ОТ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ****В.В. СТРИНАДКО***(Представлено: А.Н. Янушонок)*

*В данной работе произведена оценка безопасности дальнейшей эксплуатации нефтепровода «Мозырь-Брест» на участке 289-290 км при проведении работ по его укладке с отступлением от проектных решений с применением метода расчета конструкции по предельным состояниям.*

Производство работ по укладке магистрального нефтепровода «Мозырь-Брест» (диаметр 630 мм и толщиной стенки 9 мм, марка стали 09Г2Б К55 по ГОСТ 31447-2012 [1]) выполнялось с нарушением проектных решений, что потребовало оценки последующей безопасности его эксплуатации. Вместо предусмотренных проектом трех трубоукладчиков был задействован один, который производил укладку с бровки траншеи.

Оценку безопасности дальнейшей эксплуатации мы решили провести на основании расчета конструкции по предельным состояниям. Цель такого расчета заключается в том, чтобы определить возможность наступления любого из предельных состояний первой группы, т.е. обеспечить несущую способность, как отдельного элемента, так и всей конструкции в целом.

Строительные конструкции должны удовлетворять требованиям (критериям), соответствующим следующим предельным состояниям:

– первая группа предельных состояний - состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности строительных конструкций и возникновению аварийной расчетной ситуации;

– вторая группа предельных состояний - состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация строительных конструкций, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности. [2]

Метод расчета конструкций по предельным состояниям является дальнейшим развитием метода расчета по разрушающим усилиям. При расчете по этому методу четко устанавливают предельные состояния конструкций и используют систему расчетных коэффициентов, введение которых гарантирует, что такое состояние не наступит при самых неблагоприятных сочетаниях нагрузок и при наименьших значениях прочностных характеристик материалов. Данный подход используется и для магистральных трубопроводов, что отражено в СНиП 2.05.06-85\* [3].

В качестве критерия обеспечения безопасной и надежной работы магистральных трубопроводов принимается недопущение возникновения напряжений в металле трубопровода, превышающих нормативные значения. В данной работе принимается такой же подход и будет принято, что безопасность дальнейшей эксплуатации нефтепровода «Мозырь-Брест» на участке 289-290 км при проведении работ по его укладке с отступлением от проектных решений будет обеспечена в случае выполнения следующего условия:

$$|\sigma| \leq R, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – максимальные действующие напряжения в металле стенки трубопровода, возникающие в момент производства работ по укладке нефтепровода, МПа;

$R$  – расчетное (нормативное) значение сопротивления растяжению, МПа.

В качестве расчетного нормативного сопротивления растяжению в соответствии со СНиП 2.05.06-85\* [3] следует принимать значение  $R_1$ , МПа, определенное исходя из предела временного сопротивления  $\sigma_{вр}$ , МПа. в случае проведения расчета на прочность. В случае же определения недопустимых пластических деформаций следует принимать значение  $R_2$ , МПа, определенное исходя из предела текучести  $\sigma_T$ , МПа. Второй подход является более жестким условием и в данной исследовательской работе в дальнейшем будем руководствоваться критерием недопустимости пластических деформаций при производстве работ по укладке магистрального нефтепровода.

В процессе производства работ ось нефтепровода меняет свое положение и в качестве расчетного положения должно быть принято такое положение, в результате которого возникнут максимальные напряжения. Очевидно, что максимальный изгибающий момент будет возникать в случае максимальных отклонений оси трубопровода от центрального положения. Это произойдет в момент поднятия трубопровода на максимальную высоту. При этом один из концов трубопровода будет находиться на дне траншеи.

Для оценки напряженного состояния нефтепровода, при проведении работ по его укладке с отступлением от проектных решений, определим изгибающие моменты, действующие в опасных сечениях нефтепровода, т.е. в зоне удержания нефтепровода текстильным ленточным стропом.

Максимальный изгибающий момент в пролете  $M_x$ , МН·м и момент в точке подъема нефтепровода трубоукладчиком  $M_1$ , МН·м [4]:

$$M_x = |M_1| = 0,518 \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot h_1 \cdot q_{тр}}, \quad (2)$$

где  $E$  – переменный параметр упругости (модуль Юнга). Для стали принимаем  $2,1 \cdot 10^5$  МПа;  
 $I$  – осевой момент инерции относительно центральных осей кольцевого сечения трубы  $м^4$ ;  
 $h_1$  – высота подъема техникой;  
 $q_{тр}$  – расчетная нагрузка от веса изолированного нефтепровода  $\frac{Н}{м}$ ;  
 Проверка условия прочности нефтепровода:

$$|M_1| \leq R_2 \cdot W, \quad (3)$$

где  $W$  – момент сопротивления изгибу кольцевого сечения трубы  $м^3$ .  
 Произведя математические вычисления, получим:

$$0,425 \text{ МН} \cdot \text{м} \leq 0,82 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Условие прочности нефтепровода выполняется.

Определим максимальные изгибающие напряжения  $\sigma_x$ , МПа в пролете [4]:

$$\sigma_x = \bar{\sigma}_x \cdot \sqrt{E \cdot \rho_{ст} \cdot g \cdot h_1}, \quad (4)$$

где  $\bar{\sigma}_x$  – безразмерный параметр симметричного подъёма. При использовании одного трубоукладчика принимаем 0,667 [4];  
 $\rho_{ст}$  – плотность стали, принято значение  $7850 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $g$  – ускорение свободного падения, принятое в расчете как  $9,81 \text{ м/с}^2$ .  
 Проверка условия прочности нефтепровода:

$$|\sigma_x| \leq R_2 \quad (5)$$

Произведя расчет получим:

$$132,23 \text{ МПа} < 305,22 \text{ МПа}$$

Условие прочности нефтепровода выполняется.

**Заключение.** Определены действующие усилия и напряжения в металле нефтепровода. Произведенные расчеты показали, что возникающие напряжения в металле нефтепровода не превысили нормативные значения. Работоспособность и долговечность нефтепровода при таком нагружении обеспечивается. Можно сделать вывод о том, что выполнение работ по укладке нефтепровода с рассмотренными отступлениями от проектных решений допустимо и не должно сказаться на безопасности дальнейшей эксплуатации нефтепровода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31447-2012. Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия [Текст]. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 37 с.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
3. СНиП 2.05.06-85\*. Магистральные трубопроводы [Текст]. – Введ. 1986-01-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 62 с.
4. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов [Текст]: учеб. пособие / Л.И.Быков [и др.]; под ред. Л.И.Быков. – Санкт-Петербург.: Недра, 2006 – 824 с., ил.