

# О НОРМИРОВАНИИ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБ НЕФТЕ-, ГАЗОПРОВОДОВ

А.А. Джумабаев, Ж.Т. Дутбаев

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауезова,  
Шымкент, Казахстан

Расчет на прочность магистральных нефте-, газопроводов производится на основе метода предельного состояния, которое определяется прочностью труб на разрыв от действия внутреннего статического давления и регламентируется СНиП 2.05.06 – 85\* [1].

Прочность магистральных трубопроводов определяется механическими характеристиками металла труб, сопротивляемостью их эксплуатационным воздействиям, влиянием концентраторов напряжений на напряженное состояние конструкций, зарождением очагов разрушения и их прогрессирующим во времени и пространстве.

Достоверность прочностных расчетов во многом зависит от механических характеристик материалов труб, используемых в расчетах.

В настоящее время используется практика применения в расчетах нормативных значений, регламентируемых техническими условиями и государственными стандартами на трубы. Существующие нормы и регламентируют использование указанных нормативных значений, что оправдано практикой строительства трубопроводов.

Целью настоящего сообщения заключается в обоснованности определения расчетных сопротивлений материалов труб, в той постановке, которая регламентируется СНиП [1].

Основополагающими расчетными формулами для определения расчетных сопротивлений растяжению (сжатию) являются:

$$R_1 = \frac{R_{1H} m}{K_1 K_H}; \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_{2H} m}{K_2 K_H}, \quad (2)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  - расчетные сопротивления растяжению (сжатию);  $R_{1H}$  и  $R_{2H}$  минимальные значения временного сопротивления и предела текучести металла труб, принимаемые по государственным стандартам и техническими условиями на трубы;  $m$  - коэффициент условий работы трубопровода, принимаемый по таблице 1 [1] в зависимости от категории трубопровода: 0,6 – для категории В; 0,75 – для категории I и II; 0,9 – для III и IV категорий;  $K_H$  - коэффициент надежности по назначению трубопровода, величина которого принимается по таблице 11 [1] в зависимости от диаметра, рабочего давления и транспортируемого продукта в пределах от 1,0 до 1,15,  $K_1$  и  $K_2$  - коэффициенты надежности по материалу, принимаемые по таблицам 9 и 10 [1] и дифференцируемые в зависимости от способа прокатки листа и изготовления труб, а также от типа стали:  $K_1$  – в пределах от 1,34 до 1,55,  $K_2$  - в пределах от 1,10 до 1,20.

Из формул (1) и (2) следует, что коэффициент  $K_1$  изменяется в зависимости от временного сопротивления металла труб разрыву, а  $K_2$  - от предела текучести.

Вычислим по формулам (1) и (2), используя нормативные значения коэффициентов  $m$ ,  $K_1$  и  $K_H$  величины  $R_1$  и  $R_2$ , в результате которого получим  $R_1 = (0,35...0,67)R_1^H$ ,  $R_2 = (0,43...0,81)R_2^H$ .

Таким образом, системой коэффициентов временное сопротивление уменьшается в 1,5...2,8 раза, предел текучести в 1,2 ...2,3 раза, что равносильно введению коэффициентов

запаса прочности по временному сопротивлению  $K_{13} = 1,5...2,8$  и по пределу текучести  $K_{23} = 1,2...2,3$  .

В связи с этим, при определении толщин трубопровода в практических расчетах по формуле (12) [1], т.е. по временному сопротивлению, толщина окажется больше полученной по пределу текучести, определенной по формуле (13) [1] . В результате использование временного сопротивления  $R_1^H$  , намного превышающего предел текучести  $R_2^H$  для сталей, приводит не к уменьшению расхода металла, а к его значительному увеличению.

Такое положение приводит к занижению действительной несущей способности магистрального трубопровода, поскольку из-за принятия завышенных значений коэффициентов  $m$  ,  $K_1$  в расчетах используется расчетное сопротивление  $R_1$  , которое меньше предела текучести.

Вместе с тем формула (1), в которой используется предел прочности, устанавливает расчетное сопротивление при проверке на прочность, а формула (2) в которой используется предел текучести устанавливает расчетное сопротивление при проверке на деформативность. В данном случае коэффициент условия  $m$  остается для одного и другого случая одинаковым, т.е. является универсальным. Здесь нельзя согласиться с этим. Условия работы трубопровода при наступлении в металле труб предела прочности или предела текучести будут разными, а следовательно и значения коэффициента условий работы  $m$  в формулах (1) и (2) должны быть разными.

Отметим также, что коэффициент условий работы, отвечающий за конструктивную надежность трубопровода, не может оставаться одинаковым в силу того, что и условия работы и разрушения металла труб при продольных и кольцевых разрывах разные. Напомним, что при продольных и кольцевых разрывах действуют и являются определяющими совершенно разные факторы. И уже одни эти соображения указывают на невозможность применения одинаковых значений коэффициента условий работы  $m$  , в этих абсолютно разных и противоположных условиях.

Формулы (1) и (2) предполагают, что механические свойства металла сохраняются на первоначальном уровне, на протяжении всего периода эксплуатации трубопроводов. В то же время по данным [2,3] результатом многолетней эксплуатации магистральных трубопроводов является деградация механических свойств металла труб. В обоснование этого утверждения, считается, что пластичность и вязкость металла магистральных трубопроводов после их длительной эксплуатации несколько ниже, а прочность выше соответствующих характеристик металла труб приводимых в сертификатах, государственных стандартах и технических условиях на их поставку.

Деградация металла, очевидно, будет зависеть от природы материала, его структурного состояния и условий работы. В связи с этим значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$  в формулах (1) и (2) должны отражать возможность изменения механических свойств металла труб в процессе эксплуатации. Более представительным было бы, если в формулы (1) и (2) ввести характеристики рассеяния свойств металла, в частности коэффициент вариации или коэффициент гомогенности по Вейбуллу [4].

Проведенный в работе анализ позволяет заключить, что коэффициенты, принятые в формулах определения расчетных сопротивлений растяжению (сжатию) по пределу текучести и прочности СНиП, настолько велики, что обеспечивают большой запас прочности.

Введенные в формулы (1) и (2) коэффициенты прочности должны быть строго, научно и статистически подкреплены, как и все другие параметры, используемые в расчете. В связи с этим, коэффициенты, вводимые в формулы определения расчетных сопротивлений должны быть пересмотрены, но при этом они должны быть научно обоснованы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП 2.05.06 – 85\*. Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования. М., 1985, 52 с.
2. Мочернюк Н.П., Красневский С.М., Лазаревич Г.И. и др. Влияние времени эксплуатации магистрального газопровода и рабочего давления газа на физико-механические характеристики трубной стали 19Г // Газовая промышленность. 1991, №3, с. 34 -36.
3. Зорин Е.Е., Ланчаков Г.А., Степаненко А.И. Оценка степени деградации металла газопроводов // Газовая промышленность. 2003, №4, с. 57 - 60.
4. Лебедев А.А., Музыка Н.Р., Волчек Н.Л., Недосека С.А. Контроль текущего состояния металла труб действующих газопроводов. Метод исследования и результаты. // Проблемы прочности, 2003, №2, с. 29 -36.