

**В.М. ДОЛИНСКИЙ**, канд. техн. наук, **В.Г. ИВАНОВ**,

ОАО «УкрНИИхиммаш», г. Харьков, Украина

**Л.Д. МИЩЕНКО**, канд. техн. наук,

ОАО «Турбинный завод», г. Харьков, Украина

**Е.Я. ВЕКСЛЕР**, канд. техн. наук, **Н.К. ЗАПЛОТИНСКИЙ**,

«Энергоналадка Киевэнерго», г. Киев, Украина

## **ПРОДЛЕНИЕ РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА В ОДЕССКОМ ПРИПОРТОВОМ ЗАВОДЕ**

Трубопровод Одесского припортового завода відпрацював  $2,5 \times 10^5$  годин. Трубопровод виготовлений із вуглецевої сталі імпортного виробництва та піддавався експлуатації при температурі 490 °С. Експлуатація вуглецевих сталей при указаній температурі вітчизняними нормами не передбачена. Проведені різносторонні дослідження, що дозволили прогнозувати подальшу безаварійну роботу трубопроводу.

Трубопровод Одесского припортового завода отработал  $2,5 \times 10^5$  часов. Трубопровод изготовлен из углеродистой стали импортного производства и подвергался эксплуатации при температуре 490 °С. Эксплуатация углеродистых сталей при указанной температуре отечественными нормами не предусмотрена. Проведенные разносторонние исследования, которые позволили прогнозировать дальнейшую безаварийную работу трубопровода.

The pipeline Odessa port plant, worked for  $2.5 \times 10^5$  hours. The pipeline is made of carbon steel imported and exploited at a temperature of 490 °С. Operation of carbon steels at this temperature by national standards is not provided. Past Comprehensive studies, which allowed to predict the further trouble-free operation of the pipeline.

Трубопровод транспортирует природный газ после предварительного подогрева в печь риформинга. Схема трубопровода приведена на рис. 1.

Трубопровод изготовлен из стали SA 106 GrB импортного производства.

Трубопровод эксплуатируется под давлением  $p = 3,84$  МПа при температуре 490 °С.

Сопоставление химического состава металла трубопровода (таблица) с составом возможных отечественных аналогов показала, что рассматриваемый металл относится к классу углеродистых сталей, эксплуатация которых при указанной температуре не предусмотрена [1].

Поскольку к моменту обследования трубопровод выработал ресурс око-

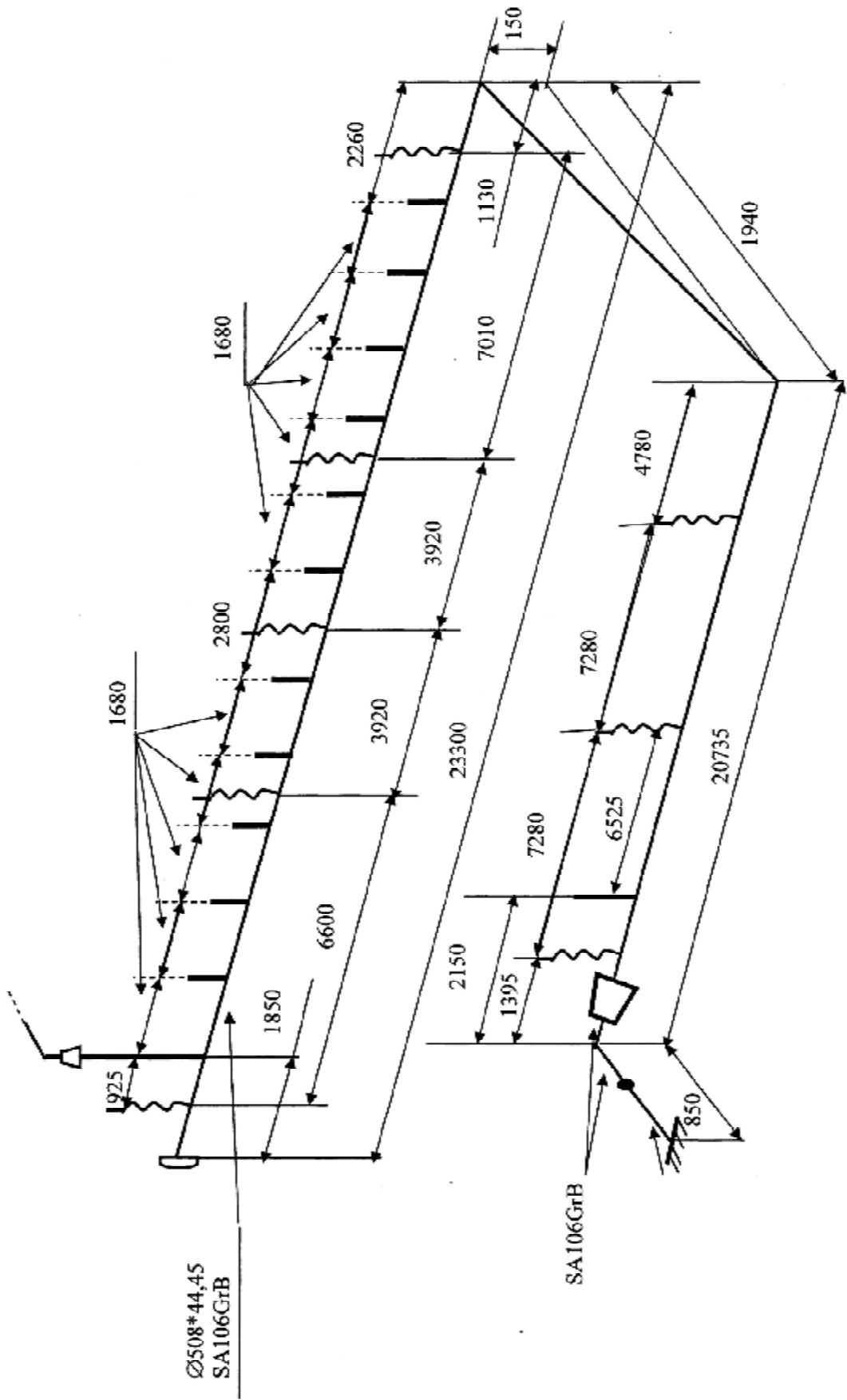


Рис. 1. Трубопровод природного газа

ло  $2,5 \times 10^5$  часов, возникла необходимость исследования металла трубопровода, которая бы позволила оценить и прогнозировать работоспособность трубопровода.

В соответствии с РТМ [2] были выполнены расчеты на прочность, которые показали, что максимальные напряжения не превосходят  $\sigma = 22,8$  МПа.

Таблица

Химический состав

	Содержание химических элементов, %							
	C	S	P	Si	Mn	V	Al	As
Исслед. металл	0,20	0,029	0,006	0,23	0,78	0,002	0,03	0,02
SA106GrB	$\leq 0,3$	0,058	0,048	$\leq 0,1$	1,06	-	-	-
Вст3Гпс	0,14 0,22	$\leq 0,05$	$\leq 0,04$	$\leq 0,15$	0,8 1,4	-	-	-
Сталь 20	0,17 0,24	$\leq 0,04$	$\leq 0,035$	0,17 0,37	0,35 0,65	-	-	$\leq 0,08$
	Содержание химических элементов, %							
	W	Ti	Nb	Cr	Ni	Cu	Mo	
Исслед. металл	0,01	0,002	0,002	0,1	0,08	0,14	0,02	
SA106GrB	-	-	-	-	-	-	-	
Вст3Гпс	-	-	-	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	-	
Сталь 20	-	-	-	$\leq 0,25$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	-	

Были выполнены металлографические исследования на образцах трубопровода не подвергавшегося эксплуатации и эксплуатирующегося 18 и 25 лет. Сопоставление результатов металлографических исследований показало, что через 25 лет эксплуатации обнаруживается начальная стадия выделения карбидов на границах зерен. При этом уровень сфероидизации не превышает 2 – 3 балла [3], что является удовлетворительным. Были выполнены также испытания на длительную твердость (рис. 2), которые показали, что длительная твердость при эксплуатации за 25 лет снизилась незначительно, на 12 %. Окончательная оценка работоспособности трубопровода была получена при испытании на длительную прочность и пластичность образцов, вырезанных из трубы, проработавшей 25 лет (рис. 3 – 5).

Предел длительной прочности на последующие  $10^5$  часов составил  $R_{mt}^T = 56,7$  МПа. При этом обеспечиваются достаточно высокие пластические свойства – относительное сужение и относительное удлинение – порядка 20 %.

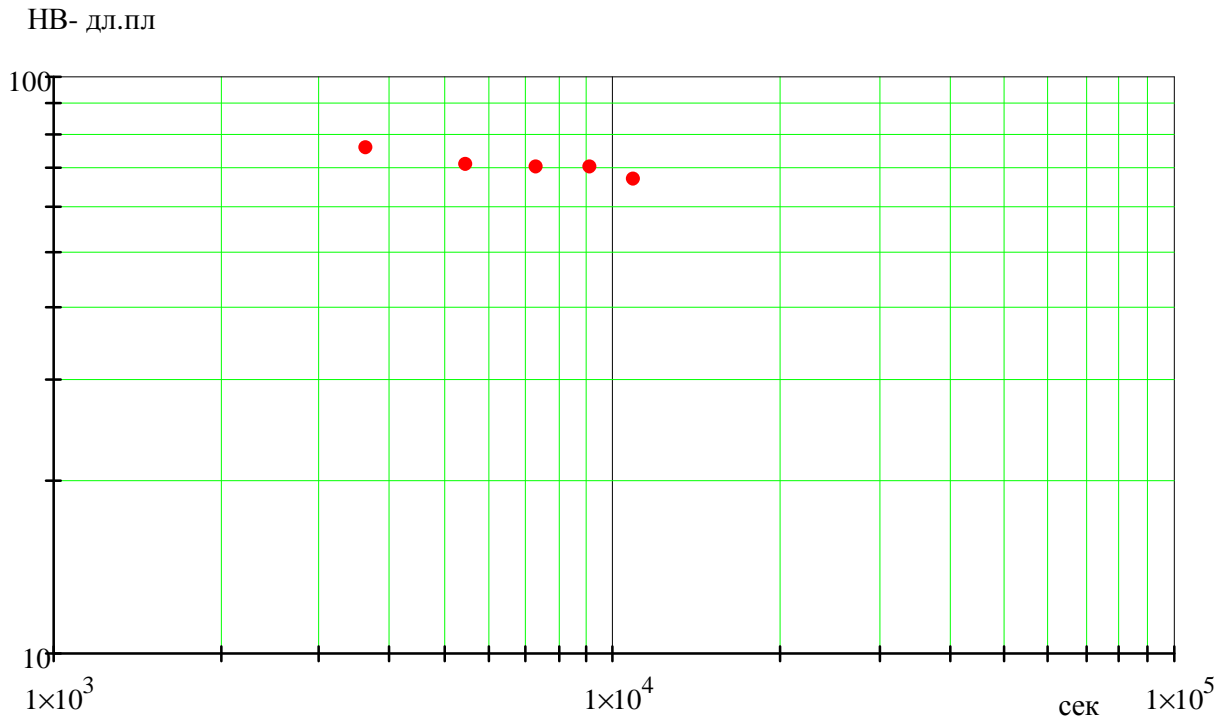


Рис. 2. Длительная твердость

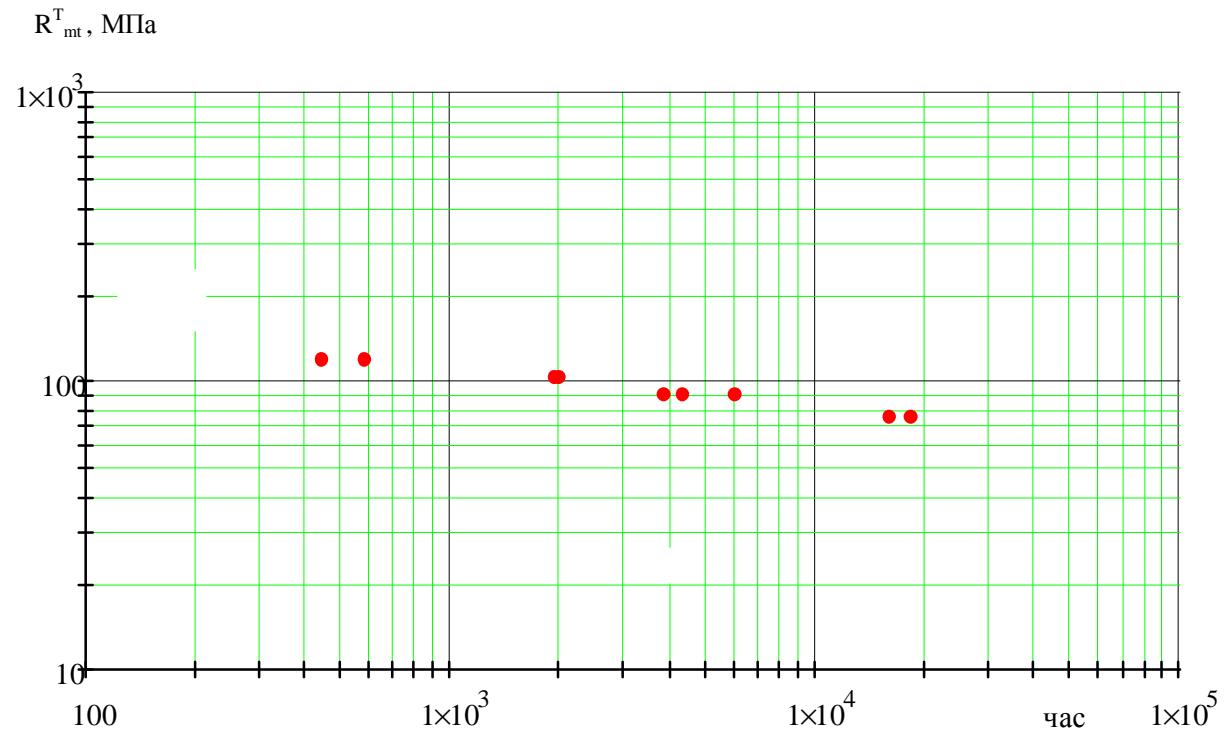


Рис. 3. Длительная прочность стали SA106GrB

Таким образом, удалось обосновать дальнейшую эксплуатацию трубы из

углеродистой стали при температуре 490 °С при достаточно большом запасе прочности  $\sigma < R_{mt}^T$ , 22,8 МПа < 56,7 МПа.

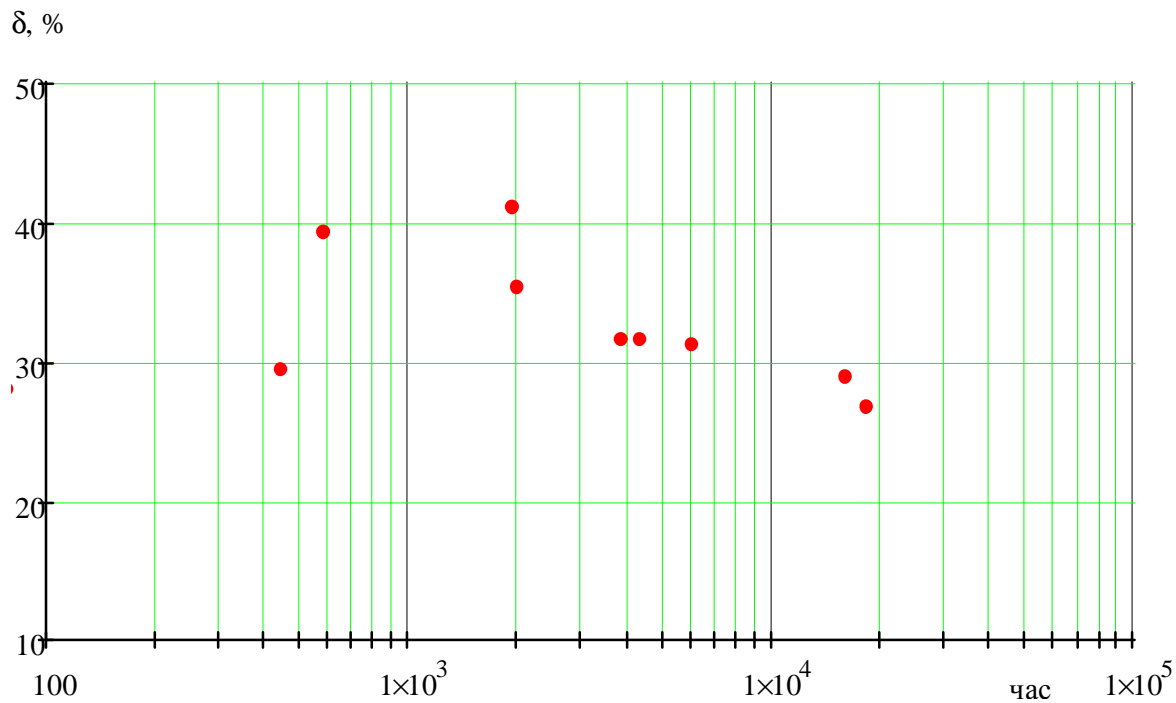


Рис. 4. Относительное удлинение стали SA106GrB

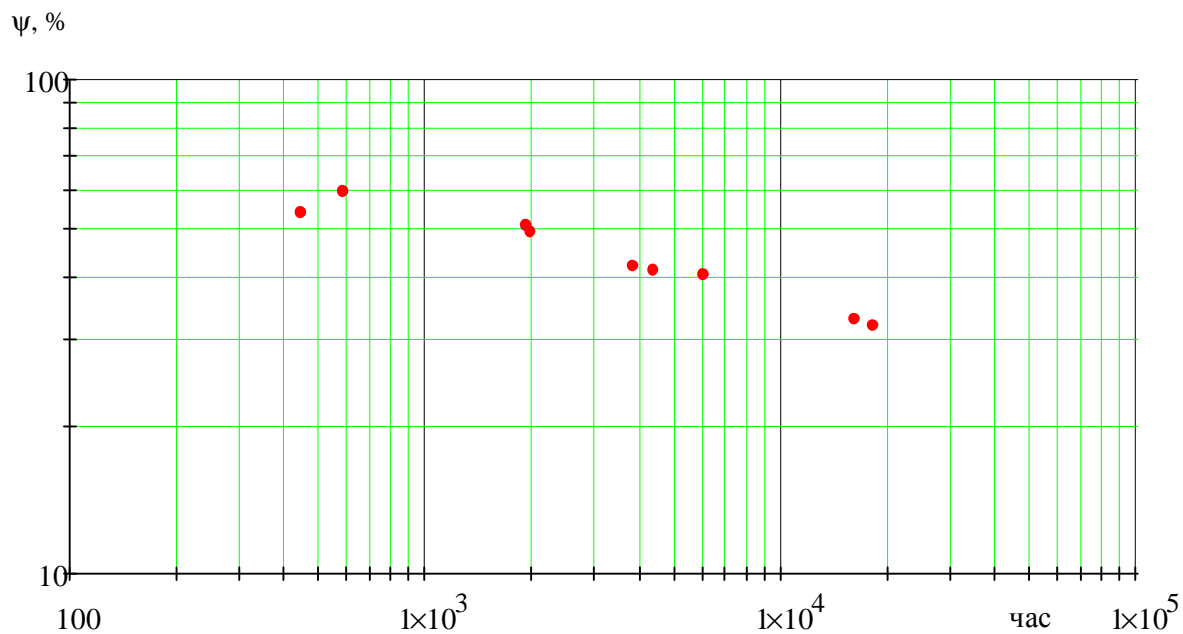


Рис. 5. Относительное сужение стали SA106GrB

Трубопровод допущен к длительной эксплуатации с регулярным контролем структуры металла методами полевой металлографии.

**Список литературы:** 1. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность; ГОСТ 14249-89. – [Дата введения 01.01.90]. – Издательство стандартов, 1989. – 79 с. 2. Указания по расчету на прочность и вибрацию технологических стальных трубопроводов; РТМ 38.001-94. – [Дата введения 26.12.94]. – 97 с. 3. Металл паросилового оборудования. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации; ОСТ 34-70-690-96. – Стандарт отрасли. [Дата введения 1997-07-01]. – 44 с.

*Поступила в редколлегию 25.03.10*

УДК 620.16.001.24

**П.С. МАРЧЕНКО**, канд. техн. наук, ОАО «УкрНИИхиммаш»,  
г. Харьков, Украина

### **РАСЧЕТ УГЛА ПОВОРОТА ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ФЛАНЦА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ БОЛТА**

Виведено диференціальну залежність, яка описує кут повороту поперечного перетину фланця під дією одного болта. Показано як можна використати цю залежність при розрахунках герметичності фланцевих з'єднань, які мають малу кількість болтів.

Получено дифференциальное уравнение, которое описывает угол поворота поперечного сечения фланца под действием нагрузки одного болта. Показано как можно использовать эту зависимость при расчетах герметичности фланцевых соединений, имеющих малое число болтов.

Differential equation that describes cross-section rotation angle of the shale under the influence of the one bolt was received. This equation can be used for impermeability calculation of the shale combinations with small number of bolts.

При оценке герметичности фланцевого соединения используется угол поворота поперечного сечения фланца, который вычисляется по формуле [1]:

$$\theta = \frac{12M_{\phi}R}{Eh^3 \ln(D_n/D)}, \quad (1)$$

где  $M_{\phi}$  – изгибающий момент, равномерно распределенный вдоль окружности центров тяжести поперечного сечения фланцевого кольца;  $R$  – радиус окружности центров тяжести поперечного сечения кольца  $R = (D_n + D) / 4$ ;  $D_n$ ,  $D$  – наружный и внутренний диаметры фланца;  $h$  – высота фланцевого кольца;  $E$  – модуль продольной упругости материала фланца.