

ТЕХНОЛОГИЯ БАЛЛАСТИРОВКИ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ЗАПОЛНЯЕМЫХ НА МЕСТЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ГЕООБОЛОЧЕК

TECHNOLOGY OF BALLASTING OF PIPELINES BY MEANS OF FILLED IN GEOSYNTHETIC SHELLS IN SITU

Д.М. АНТОНОВСКИЙ
И.С. ЛАДНЕР

инженер, Представительство HUESKER Synthetic GmbH
к.т.н., HUESKER Synthetic GmbH

Россия, Москва
Германия, Гешер
e-mail: info@huesker.ru

D.M. ANTONOVSKY
I.S. LADNER

Engineer, The Representative office of HUESKER Synthetic GmbH
Dr.-Eng., HUESKER Synthetic GmbH

Moscow (Russia)
Gescher (Germany)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
KEYWORDS:

балластировка трубопроводов, геооболочка, удержание трубопровода на проектных отметках.
ballasting of pipelines, geosynthetic shells, pipeline restraint on design reference marks.

В настоящей статье кратко описывается технология балластировки трубопроводов с помощью заполняемых на месте производства работ геооболочек, а также приводится принцип расчета.

In present article is shortly described the technology of ballasting of pipelines by means of filled in geosynthetic shells in situ and also the calculation principle is given in the article.

Одной из самых актуальных проблем в процессе эксплуатации магистральных трубопроводов является их круглогодичное удержание на проектных отметках. Применение заполняемых бетонным раствором геооболочек в качестве балластирующего устройства является эффективным с технической и экономической точек зрения решением. Использование данной технологии позволяет постоянно удерживать трубопровод на проектных отметках без дополнительных ежегодных эксплуатационных затрат в течение всего расчетного срока службы.

Геооболочки типа Incomat (рис. 1) изготавливаются с учетом внешнего диаметра трубопровода с расчетной толщиной, необходимой и достаточной для заправки требуемого объема бетонного раствора на погонный метр трубопровода для создания расчетной величины балластного пригруза. Геооболочки производятся в заводских условиях и поставляются на объект в виде секций, с воронками для заправки бетонного раствора и продольной застывающей типа «молния», что делает укладку материала максимально удобной. Заполняемые на месте производства работ геооболочки

являются гибкой опалубкой, позволяющей равномерно распределять бетонный раствор вдоль оси трассы трубопровода и по внешнему периметру трубопровода в поперечном сечении. После набора прочности бетона геооболочка дополнительно выполняет защитные функции, снижая последствия внешних воздействий на бетонный балластирующий слой.

Принципы и методика расчета требуемого балластирующего пригруза на единицу длины трубопровода представлены, например, в [2]. Основополагающим принципом устойчивости участка трубопровода является превышение суммарных удерживающих усилий над суммарными выталкивающими с необходимым уровнем надежности:

$$Q_{акт} \leq \frac{1}{k_{н,е}} \times Q_{рас}$$

или

$$q_{акт} \leq \frac{1}{k_{н,е}} \times q_{рас}$$

Здесь $Q_{акт}$ – суммарная расчетная нагрузка на участок трубопровода, действующая вверх;

$Q_{рас}$ – суммарная расчетная нагрузка на участок трубопровода, действующая вниз;
 $q_{акт}$, $q_{рас}$ – удельные значения показателей $Q_{акт}$ и $Q_{рас}$ соответственно (на 1 погонный метр трубопровода);

$k_{н,е}$ – коэффициент надежности устойчивости положения трубопровода (против всплытия).

Значение коэффициента надежности устойчивости положения трубопровода $k_{н,е}$ назначается следующим образом:

- 1) $k_{н,е} = 1,05$ на пойменных участках за границами производства подводно-технических работ;
- 2) $k_{н,е} = 1,10$ на русловых участках через реки шириной до 200 м по среднему межленному уровню, включая прибрежные участки в границах производства подводно-технических работ;
- 3) $k_{н,е} = 1,15$ на участках перехода через реки и водохранилища шириной свыше 200 м, а также через горные реки.

На основании данного принципа величина нормативной интенсивности балластировки участка трубопровода, выполняемого способом свободного изгиба, определяется из следующего условия: ►

$$q_c^* = \frac{1}{n_c} (k_{н,е} q_s + q_{вс} - q_{вп} - q_{вн}) \times \frac{\gamma_c}{\gamma_c - \gamma_s k_{н,е}}$$

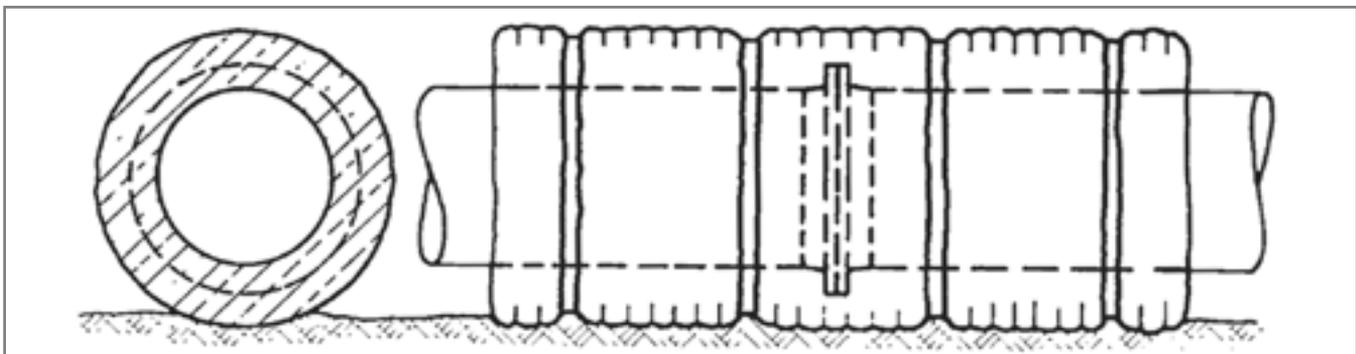


Рис. 1. Заполняемая на месте производства работ геооболочка типа Incomat для балластировки трубопровода

Здесь n_e – коэффициент надежности по нагрузке;

q_e – расчетная погонная выталкивающая сила воды;

$q_{из}$ – расчетная интенсивность нагрузки от упругого отпора при свободном изгибе трубопровода;

q_{mp} – расчетный погонный собственный вес трубопровода;

$q_{доп}$ – расчетный погонный вес продукта;

γ_b – нормативная плотность материала пригрузки;

γ_w – удельный вес воды.

Коэффициент надежности по нагрузке n_e принимается равным 0,90-0,95 (в зависимости от внешнего диаметра трубопровода, типа и параметров геооболочки) при использовании технологии заполняемых геооболочек.

Расчетная погонная выталкивающая сила воды, действующая на трубопровод, определяются по формуле:

$$q_e = \frac{\pi}{4} g \gamma_w D_{на}^2$$

где:

g – ускорение свободного падения;

γ_w – плотность воды с учетом растворенных в ней солей;

$D_{на}$ – наружный диаметр трубопровода с учетом изоляционного покрытия и футеровки.

При проектировании трубопроводов на участках переходов, сложенных грунтами, которые могут перейти в жидкопластичное состояние, вместо плотности воды следует принимать плотность разжиженного грунта, определяемую по данным

инженерно-геологических изысканий.

Расчетную интенсивность нагрузки от упругого отпора при свободном изгибе трубопровода можно определить по формулам:

1) для выпуклых кривых:

$$q_{из} = \frac{8}{9} \times \frac{E_s I}{\beta^2 \rho^3}$$

2) для вогнутых кривых:

$$q_{из} = \frac{32}{9} \times \frac{E_s I}{\beta^2 \rho^3}$$

При этом E_s – модуль упругости стали;

I – момент инерции сечения трубопровода;

b – угол поворота оси трубопровода;

r – минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода.

Расчетный погонный собственный вес трубопровода определяется по формуле:

$$q_{mp} = \frac{\pi}{4} \times g \gamma_{cm} (D_n^2 - D_{вн}^2)$$

где g_{cm} – плотность материала трубопровода;

D_n – наружный диаметр сечения трубы;

$D_{вн} = (D_n - 2\delta)$ – внутренний диаметр сечения трубы;

δ – номинальная толщина стенки трубы.

Расчетный погонный вес продукта $q_{доп}$ для газопроводов не учитывается, а для нефтепроводов и нефтепродуктопроводов учитывается только в случае, если при эксплуатации исключается возможность их опорожнения и замещения

продукта воздухом. При учете веса продукта применяется формула:

$$q_{доп} = \frac{\pi}{4} g \gamma_{np} D_{вн}^2$$

где γ_{np} – плотность перекачиваемого продукта;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр сечения трубопровода.

Исходя из требуемой величины пригрузки на погонный метр трубопровода подбирается толщина, тип и прочность материала заполняемой геооболочки типа Incomat.

Данная технология с успехом применяется, в частности, компанией Gaz de France (Франция) на собственных газопроводах и, несомненно, имеет огромный потенциал для использования на нефтегазопроводах России, особенно в труднодоступных и малоосвоенных регионах, а также на участках со сложными грунтово-гидрологическими условиями. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ

ЛИТЕРАТУРА:

1. Антоновский Д.М., Ладнер И.С. Технология балластировки трубопроводов с помощью заполняемых геооболочек // Нефтегазовые технологии: Тез. докл. VI Междунар. научно-практич. конф. 14 – 16 октября 2009 г. – Самара, 2009. – С. 53-54.
2. СП 107-34-96. Свод Правил. Балластировка, обеспечение устойчивости положения газопроводов на проектных отметках. – М.: ПАО «ГАЗПРОМ», 1996.

HUESKER



HUESKER Synthetic GmbH (Германия) на протяжении многих десятилетий разрабатывает, производит и реализует по всему миру геосинтетические материалы для различных отраслей строительства и промышленности.

В нефтегазовой отрасли строительства геосинтетические материалы производства **HUESKER Synthetic** позволяют решать такие инженерные задачи, как балластировка и защита трубопроводов от механических повреждений, инженерная защита грунтов от водной и ветровой эрозии при подземной прокладке трубопроводов, возведение внутрипромысловых дорог и площадок на слабых основаниях, возведение подлорных стенок и конструкций из армогрунта, гидроизоляция, инженерная защита от карста.

Несколько различных индивидуальных требования наших клиентов настолько велик ассортимент выпускаемой нами продукции и сфер ее применения: геосинтетические ткани, плоские и пространственные георешетки, высокопрочные геооболочки, противозрозийные и бентонитовые маты, геосинтетические материалы из полиэстера, поливинилалкоголя, полипропилена, арамида, полиамида и других материалов согласно физико-механическим требованиям конкретных проектов.

Представительство Huesker Synthetic GmbH в России:

125009 Москва, ул. Тверская д. 16, стр. 1
т. (495) 221-42-58, 221-42-61, ф. (499) 725-79-08

e-mail: info@huesker.ru

www.huesker.ru