

4. Шахматов Е.В., Леньшин В.В. Экспериментальное исследование виброакустического свойства трубопровода с пульсирующими рабочими средами // Ракетно-космическая техника. Ч.1. Самара, 1996. Вып.1. с.135–140.
5. Корвяков Ю.М., Калнин В.М., Митрофанова Л.И., Олифирова Г.И., Науменкова Н.В. Экспериментальные исследования пульсационно-вибрационного процесса в элементе системы топливопитаний и управлений летательного аппарата и двигателя / В кн. Динамика гидросистемы энергетической установки летательного аппарата. Киев: Наукова думка, 1991. – 250 с.
6. Кондрашов Н.С. О параметрическом колебании трубопровода // Вибрационные прочности и надежности авиационного двигателя. Вып. XIX. Куйбышев: КуАИ, 1965. – 6с.
7. Шахматов Е.В., Леньшин В.В. Виброакустические модели трубопроводов // Труды Всероссийских научно-техн. конференций "Технопарки, конверсия, инновации". Самара: СГАУ, 1995. – 8с.
8. Акимов М.Ю., Вельмисов П.А. Исследования устойчивостей трубопроводов с учетом нелинейных осевых упругих сил // Прикладная задача механики. Ульяновск: Ул-ГТУ, 1998. – 6с.
9. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л: Энергия, 1975. – 600с.
10. Шахматов Е.В., Прокофьев А.Б. Виброакустические модели прямолинейных неоднородных трубопроводов при их силовых возбуждениях пульсацией рабочих жидкостей // Надежность, динамика и диагностика машин. Самара: Институт акустики машин, 200. с.135–140.

**ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ  
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**В.А. Гаевой**

Научный руководитель доцент Е.Н. Пашков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Запасы нефти и газа в благоприятных климатических условиях истощаются, новые месторождения открываются в основном на шельфах арктических морей и в зоне вечномерзлых грунтов, то есть в районах Крайнего Севера. Крайний Север – это особая географическая зона, расположенная на севере России и занимающая 70% ее территории. Климатические и природные условия в этом регионе значительно тяжелее, чем в средней полосе. На данный момент в строительстве нефтегазовых сооружений являются актуальными следующие проблемы: присутствие вечномерзлых почв, которые вследствие сезонного изменения крайне неустойчивы; крайне низкие температуры и высокая влажность; удаленность от крупных промышленных центров и отсутствие инфраструктуры как таковой; проблема сохранения уникальной экосистемы Крайнего Севера.

На Крайнем Севере разделяют арктическую, субарктическую, умеренно холодную и южную зоны распространения вечномерзлых грунтов. Каждая зона характеризуется своей глубиной залегания и глубиной оттаивания вечной мерзлоты. Так, для арктической и субарктической зон глубина залегания составляет в среднем 400–550 м при глубине оттаивания до 1 м, для умеренно холодной зоны эти значения составляют 250 м и 1,5 м, для южной – 100–150 м и 10 м соответственно. Главной характеристикой при выборе метода строительства является прочность грунта. Прочность мерзлого грунта зависит от количества находящихся в нем

#### СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

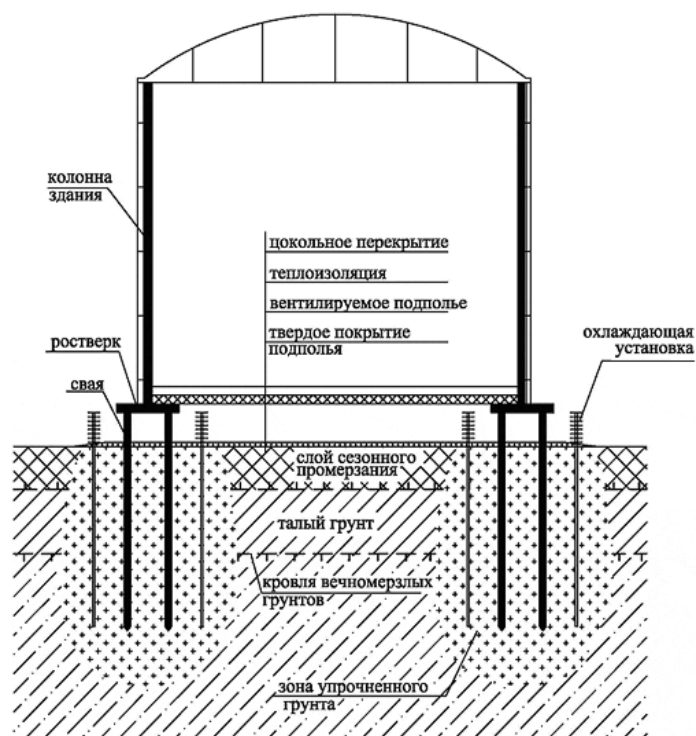
---

частиц песка, от пористости грунта и температуры: песок образует в мерзлой почве твердый каркас, что приводит к увеличению прочности; пористость влияет на грунт также, как и на все материалы (с ее увеличением уменьшается прочность вещества); повышение температуры почвы также уменьшает ее пористость. Исследованиями установлено, что повышение температуры мерзлого грунта на 3–4°C приводит к снижению его прочности в 2–3 раза.

Для строительства всех типов сооружений требуются разные методы их возведения. В настоящее время вместо блочных и ленточных фундаментов в центральной полосе России нашли применение свайные фундаменты. Сваи, как правило, заглубляясь ниже кровли вечной мерзлоты, передают нагрузку на прочный, несжимаемый твердомерзлый грунт, являющийся прекрасным основанием для сооружения. В вечномерзлый грунт их погружают в основном тремя способами: буроопускным, опускным, бурозабивным. Наиболее конструктивным является буроопускной способ. Однако вечномерзлая почва в зависимости от сезона может оттаивать, а грунт, который находится в таком состоянии, не обладает несущей способностью, приобретает просадочные свойства, в результате чего здания приходят в аварийное состояние. Во избежание подобных случаев используют охлаждающие установки для принудительного искусственного понижения температуры.

Применяемый при строительстве сооружений метод свайного фундамента обеспечивает необходимую прочность сооружений и обладает достаточной надежностью, однако он имеет и свои недостатки, такие как: большая трудоемкость строительства; неиспользованные в полной мере прочностные характеристики металла; дороговизна строительно-монтажных работ по устройству свайного поля, и низкая экономическая эффективность такого метода в целом; невозможность надежной защиты конструкции свай от грунтовой коррозии, что особенно актуально для засоленных грунтов побережья северных морей.

Данные недостатки свай требуют рассмотрения и разработку более рациональных и экономически выгодных решений. Кроме того, на Севере существуют площадки строительства, где условия таковы, что фундаменты мелкого заложения (рис. 1) и поверхностные фундаментные конструкции стали бы реальной альтернативой традиционным сваям. На Крайнем Севере также распространены засоленные грунты, обладающие высокой коррозионной активностью. Такие почвы не должны подвергаться антропогенному воздействию, так как при выходе солей начинается разрушаться уникальная экосистема этого края. Соли препятствуют росту растений, и начинается процесс опустынивания территории. На сегодняшний день этот процесс идет очень активно, ежегодно в результате деятельности человека пропадает несколько сотен гектаров земель. В этом случае использование несущей конструктивной подсыпки и опирание на нее поверхностного фундамента окажет более щадящее воздействие на слабые, чувствительные породы, чем глубокое прорезание их толщи сваями. Строительство зданий с опиранием их на фундаменты мелкого заложения практически не производится из-за сложностей с обеспечением необходимых характеристик основания – прочный и практически несжимаемый вечномерзлый грунт залегает на большой глубине. Строителям проще производить погружение свай, нежели заниматься сложными процессами по возведению качественной подсыпки и работами в котловане, требования по которой значительно выше, чем при свайном основании. Указанные факторы привели к тому, что на сегодняшний день метод эксплуатации сооружений на бессвайных фундаментах является малоизученным.



*Рис. 1 Фундамент мелкозаложенного здания с опорой на кровлю вечномерзлых грунтов при обеспечении принципа строительства и эксплуатации*

Все выше затронутые методы возведения объектов на Крайнем Севере были разработаны еще в XX веке. На сегодняшний день развития в данной отрасли практически не происходит, хотя развитие цивилизации и изменение природных условий дают возможность совершенствования существующих технологий и создания новых. Так, например, очень перспективным методом является строительство с помощью 3D-принтера. На сегодняшний момент его стоимость составляет порядка 2 млн. рублей. При строительстве домов с помощью подходов 3D моделирования используется технология «контурного строительства», при которой здания возводятся слоями. По сравнению с традиционными методами, контурное строительство позволит уменьшить стоимость строительства объектов на 20–25%, объем строительных материалов – на 25–30 %, а количество необходимой рабочей силы – на 45–55 %. Это не только бы снизило экономические затраты, но и уменьшило бы пагубное экологическое влияние на природу Крайнего Севера. Актуальным сейчас является глобальное потепление и сопутствующее ему уменьшение арктического льда, что дает толчок к развитию Северного морского пути. И таких примеров на данный момент существует множество.

Стратегическое значение Севера России особенно велико в условиях мирового сырьевого кризиса, когда фонды основных полезных ископаемых (прежде всего нефти и газа) интенсивно эксплуатируются и в скором времени будут исчерпаны. Поэтому на данный период времени правительством ведется активная политика в отношении этого региона. Однако устаревшие методы строительства приводят к увеличению экономических и экологических потерь. Следовательно, для достижения более эффективного и рационального метода возведения должны использоваться новейшие технологии, существующие на сегодняшний момент. Изменяющийся климат усугубляет текущие проблемы, но в то же время открывает

## СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

перспективные возможности для более обширного освоения этой богатой и уникальной территории.

### Литература

1. Минкин М.А. Потапова О.А. Особенности обустройства северных нефтяных и газовых месторождений России и основания и фундаменты зданий и сооружений объектов обустройства // Вестник МГСУ. 2006. № 1. С. 180–187.

### МЕХАНИЗМЫ ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНЫХ ПЕРЕХОДОВ ПРИ ТРАНСПОРТЕ ВЯЗКИХ И ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИХ СРЕД В ТРУБОПРОВОДАХ

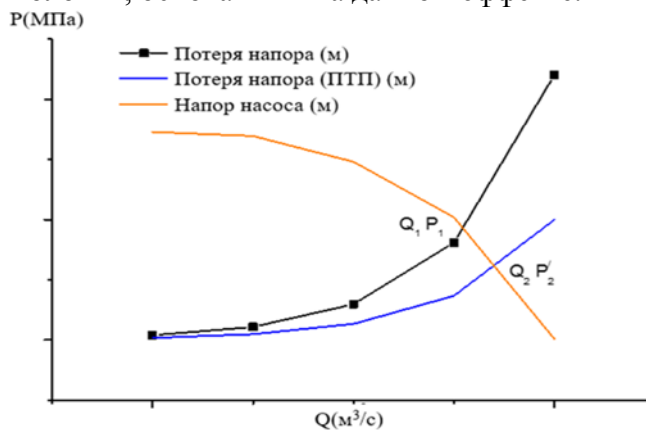
**П.О. Дедеев**

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

С давних пор в инженерных сооружениях учитываются физические особенности течения жидких сред. Более того, человека всегда привлекала идея влиять на физические характеристики потоков, добиваясь нужных показателей. В свете этого обстоятельства ламинарно-турбулентные переходы всегда занимали важное место в учете особенностей потока. Развитый турбулентный поток может, как помешать транспорту вязких жидких сред, так и интенсифицировать теплообмен в теплообменных аппаратах. А ламинарный режим, напротив, может снизить расходы перекачивающих мощностей на трение в трубопроводах. Возможность влиять на ламинарно-турбулентные переходы, добиваясь нужного режима течения – сущность множества инженерных изобретений.

Одним из перспективных способов управления механизмами ламинарно-турбулентных переходов является использование полимерных материалов, которые позволяют достаточно эффективно наращивать пропускную способность трубопроводных систем [2]. Основной положительной особенностью этого явления, также известного как эффект Томса [2], является ламинаризация потока, т.е. придание потоку ламинарных свойств путём уменьшения трения на стенках трубопровода. Применение противотурбулентных присадок (ПТП) позволяет увеличить пропускную способность, не прибегая к внесению критических изменений в оборудовании и трубах, что, несомненно, является критерием гибкости использования технологии, основанных на данном эффекте.



**Рис.1** Качественное воздействие ПТП на показатели работы трубопроводной системы (давление  $P$ , расход  $Q$ )