

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

***ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ
ПЛАТФОРМЫ И ОПОРЫ ПОД
МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ***

УПРАВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЯМИ

1. Абовский, Н. П. Энергетический подход к формообразованию конструкций / Н.П. Абовский. МОО Пространственные конструкции. Выпуск XII.Сборник статей. 2010.

2. Абовский, Н.П. Об основах теории формообразования конструкций/ Н.П. Абовский. Сборник статей к общему собранию РААСН. Исследования и инновационные разработки РААСН. Т.2. Москва-Иваново, 2010. –с.3-7.

3. Абовский, Н.П. Основные принципы формообразования конструкций в сложных грунтовых условиях /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, М.В. Лапеев. 3 Всероссийская научно-техническая конф. НГАСУ (Сибстрин) Новосибирск, 2010.

4.Абовский, Н.П. Эффективные экологические строительные конструкции /Н.П. Абовский, И.С. Инжутов, В.И. Палагушкин. Международный форум «Межрегиональные проблемы экологической безопасности МПЭБ-2009, Украина: Одесса. 2009.-С. 22.

5.Абовский, Н.П. Мобильные управляемые экологичные опоры под надземные магистральные трубопроводы /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, В.И. Сапкалов. Журнал Нефть и газ. 2010 г.

6.Абовский, Н.П. Пространственные фундаментные платформы для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмичности /Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин, Корнеевец Е.С. Сборник научных трудов Одесской гос. академии стр. и архит. К 80—летию ОГАСА «Современные строительные конструкции из металла и древесины» № 14, Ч.1, Одесса, 2010.- с. 12-15.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ КОНСТРУКЦИЙ

АБОВСКИЙ Н.П., *д-р техн. наук, проф.*, ИГУРЭ СФУ, г. Красноярск

Проблемы формообразования имеют междисциплинарный характер и выделяются в самостоятельную современную науку, обобщающую многогранные частные традиционные аспекты (науки). В то же время формообразование остается искусством, предметом творческого нешаблонного произведения. В инженерных науках и опыте сложился ряд рекомендаций по рациональному формообразованию.

Однако, общие закономерности в науке формообразования еще не выявлены и не установлены. В связи с этим целесообразна попытка рассмотреть обобщающую науку формообразования с наиболее общих позиций в природе и технике, какой является энергетический подход.

Выдающийся рывок в этом направлении сделал А. Эйнштейн, связав энергию с массой тела. Но в этом глобальном подходе форма тела и ее изменение (деформация) не учитываются. В практических инженерных задачах выбор формы тела и учет ее изменения имеют решающее значение.

Внешние воздействия на упругое твердое тело (сооружение), совершая работу по деформированию этого тела, заряжают его внутренней энергией, которая проявляется, например, при снятии внешней нагрузки, стремясь вернуть тело в начальное состояние. Развитие строительной механики и конструирования существенно основывается на этом подходе. Однако эти традиционные соображения далеко не охватывают всего многообразия энергетической взаимосвязи с формообразованием создаваемых конструкций. Необходимо более глубокое осознание понимания роли энергетического взаимодействия, которое позволяет не только рационально проектировать, но и находить новые решения.

Отметим, что в механике деформированного твердого тела энергетический подход не получил достаточного развития, хотя сформулированы и используются вариационные (энергетические) принципы.

Ниже приведены принципы энергетического подхода для рационального формообразования (рис. 1).

1. Принцип энергетической проводимости через элементы системы от места приложения внешнего воздействия до опоры – это необходимое условие успешной работы (функционирования) системы. Увеличивая (или уменьшая) энергетическую проводимость можно управлять сопротивляемостью (работой) системы.

На энергетическую проводимость как на обязательный закон функционирования технической системы указал Г.С. Альтшуллер –

создатель ТРИЗ. Фактически это необходимый системный признак, содержащийся в понятии системы [6].



Рис. 1. Схема энергетических принципов активного формообразования конструкций

При проектировании конструкций разработчик должен проследить все траектории силового и деформационного потоков через все элементы и связи от места нагружения до опор, убедиться в их непрерывности, выявить «узкие» места (концентрации), определить замкнутость (т.е. уравновешенность и устойчивость силовых полей и т.п. Традиционно это выражается в рассмотрении (анализе) напряженно-деформированной схемы

(эпюр усилий) и проверке прочности ряда опасных поперечных сечений. Но такой дискретный подход часто не создает осознания целостности энергетической проводимости в конструкции и эффективности ее работы. Сознательное прослеживание энергетической проводимости более предпочтительно для рационального проектирования. Яснее и четче выявляются входные и выходные расчетные параметры (условия) для каждого элемента и связей между ними.

Отметим, что энергетическую проводимость необходимо оценивать с позиций не только статики, но и динамики (в том числе согласования ритмики отдельных частей системы).

2. Принцип энергетической защиты от «вредных» внешних воздействий путем изменения (или регулирования) связей или установки специальных устройств между внешней нагрузкой и конструкцией, или созданием динамического противодействия с помощью дополнительного процесса.

Защита от «вредных» динамических (например, сейсмических) воздействий возможна с помощью защитных и изолирующих устройств (рассеивающих, диссипативных), препятствующих полностью или частично проникновению внутрь системы динамического воздействия. Здесь возможно многообразие различных устройств и проектов, имеется простор для творческих решений. Остановимся на некоторых из них, применительно к сейсмозащите и сейсмоизоляции.

Применение средств сейсмоизоляции традиционно основано на включении внутри конструкции (как правило, над фундаментом) устройств либо гасящих колебания, либо рассеивающих энергию, т.е. сознательно расчленяют элементы системы путем установки между ними гасящих или диссипативных связей. Таким путем эффект достигается за счет некоторого ослабления системы и снижения ее целостности.

Другой подход к этой проблеме заключается в идее прерывания (полном или частичном) тех связей, через которые на всю систему целиком (т.е. на фундамент и верхнее строение) передается внешнее динамическое воздействие, т.е. без нарушения целостности системы. При сейсмике это главным образом тангенциальные связи (трение) между основанием и фундаментом (если исключить лобовое сопротивление фундамента волновому фронту). Для реализации данной идеи предложены конструкции наземных незаглубленных сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП) на скользящем слое, расположенном между ПФП и основанием так, что целостность системы («фундамент-верхнее строение») не нарушается [2,9] (рис. 2-6).

Такое формообразование системы в значительной мере защищено от больших сейсмических воздействий, а соединение ПФП с верхним строением в цельную многосвязную замкнутую систему еще более повышает сейсмостойкость. Эффективность данного решения весьма привлекательна,

если учесть, что ПФП имеет повышенную жесткость при относительно малом расходе материала благодаря пространственной форме, совмещает в себе ряд функций (конструктивных и эксплуатационных), не нарушает подземный гидрогеологический режим и выгодна для строительства в сложных грунтовых условиях.

Данный подход приобретает особо важное значение в условиях **неопределенности** внешних воздействий, например таких, как сейсмические или как неравномерные просадки грунтов и др.

Формообразование здесь направлено на создание **конструкций, малочувствительных** к неопределенным негативным воздействиям, а также на снижение их уровня.

Такое конструктивное формообразование повышает безопасность строительства в условиях неопределенности и тем самым компенсирует недостаточный уровень развития теории.

Отметим, еще другой способ энергетической защиты, который можно назвать активным. Его суть в **принципе динамического противодействия**, т.е. в создании дополнительного динамического процесса, нацеленного на противодействие вынужденным воздействиям на конструкцию. Этот принцип используется для активного управления конструкциями (см. п. 6).

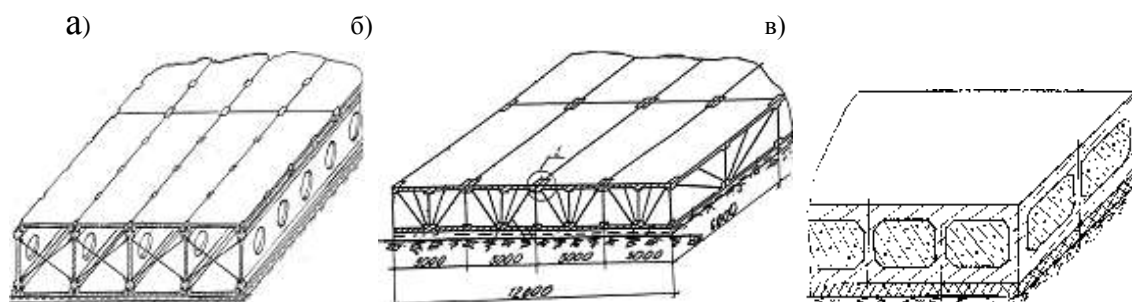


Рис. 2. Пространственные фундаментные платформы для строительства на слабых и вечномёрзлых грунтах и в сейсмических районах: *а)* сборная железобетонная платформа (**патент РФ № 38789**); *б)* сборная сталежелезобетонная фундаментная платформа (**патент РФ № 2206665**); *в)* монолитная фундаментная платформа с утеплителем (**патент РФ № 45410**).

Скользкий слой расположен между фундаментной платформой и основанием

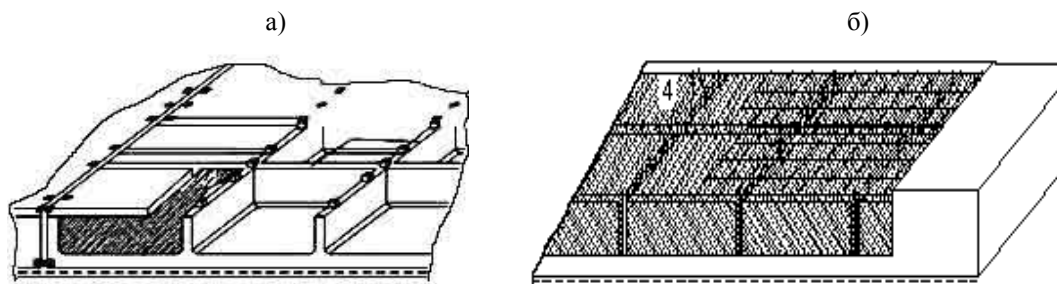


Рис. 3. Варианты пространственной фундаментной платформы на скользящем слое для малоэтажного строительства: а) сборный;

б) монолитный. Патент РФ № 55388

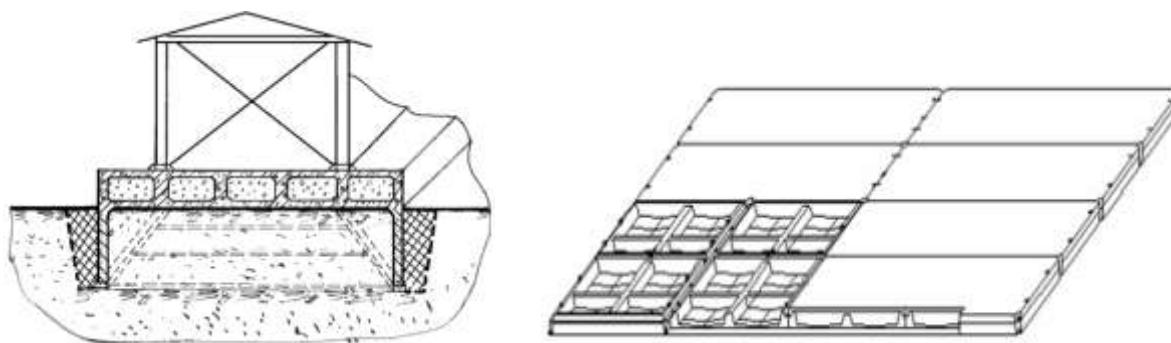


Рис. 4. Пространственная фундаментная платформа со «стеной в грунте» под здания и сооружения для строительства на слабых грунтах и в сейсмических зонах. Патент РФ № 64650. Между «стеной» и грунтом устроен защитный зазор с «мягким» заполнителем

Рис.5. Пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях Патент РФ № 69094

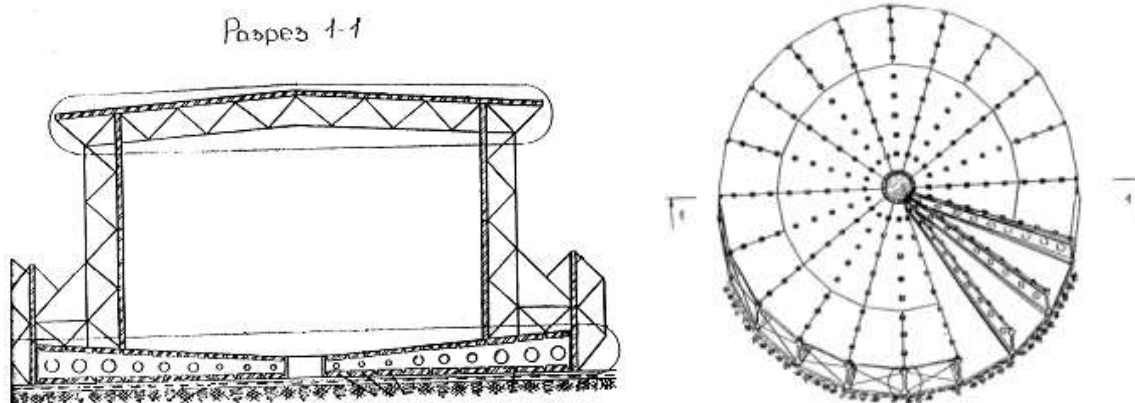


Рис. 6 Пространственная фундаментная платформа на скользящем слое, объединенная с резервуаром в замкнутую систему, для строительства на слабых, вечномерзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах. Патент РФ №2273697

3. Принцип перераспределения энергии деформирования. Во многих конструкциях напряженно-деформированное состояние, а, следовательно, и энергетическое распределение) весьма неравномерно, т.е. имеются некоторые резервы, которые целесообразно было бы использовать для укрепления (поддержки) более напряженных мест (сечений) конструкций. Таким образом, возникает целесообразность некоторого перераспределения энергии деформации. Это становится возможным, если, например, дополнить традиционную конструкцию специальными устройствами, способными воспринять (возможно аккумулировать), а затем преобразовывать и передавать в желаемое место соответствующее воздействие.

Пример реализации такого решения применительно к уменьшению вынужденных колебаний простой балки с помощью рычажного устройства дан на рис. 7 [1]. На балку постоянного сечения действует динамическая нагрузка $P(t)$. Удаленное от нагрузки сечение менее напряжено, его прогиб меньше, чем под нагрузкой. Изменяя плечи рычага, можно влиять (уменьшить) амплитуду колебаний под нагрузкой.

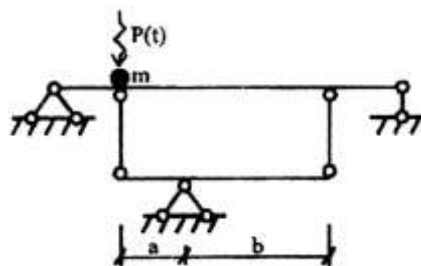


Рис. 7. Пример перераспределения внутренней энергии балки для управления колебаниями простой балки

Отметим, что данный принцип перераспределения внутренней энергии охватывает и применения традиционных демпферных (диссипативных) устройств между отдельными элементами конструкции с целью их защиты путем рассеивания (или поглощения) энергии возмущающего воздействия. Однако эта энергия, как правило, поглощается и не используется для преобразования и усиления слабых мест конструкции.

4. Принцип преобразования части энергии внешнего воздействия для создания большего сопротивления («внешнее зло превратить в добро»).

Традиционно внешнюю нагрузку рассматривают как «зло», которому должна сопротивляться конструкция. Однако часть «вредной» энергии внешнего воздействия можно отобрать, преобразовывать и направить на противодействие, используя специальные управляющие устройства. На этом принципе основано, например, автоматическое управление деформированием мачт, вантового моста, подкрановой балки, плотины, сейсмостойкости здания и др. (рис. 8-11) [7,8].

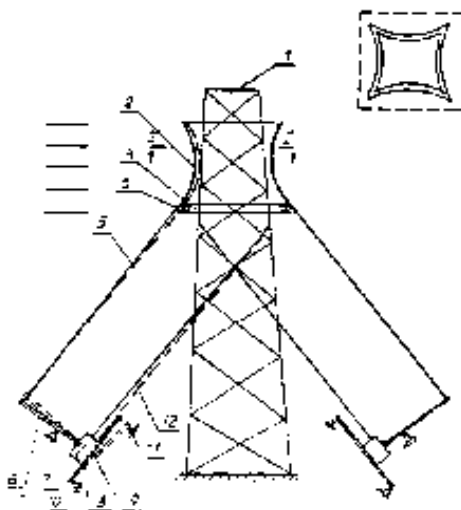


Рис. 8. Устройство автоматического управления высокой башней.
Патент РФ № 2105853

Для снижения колебаний башни используется часть ветровой энергии, которая аккумулируется подвижным парусом и передается для противодействия башне.

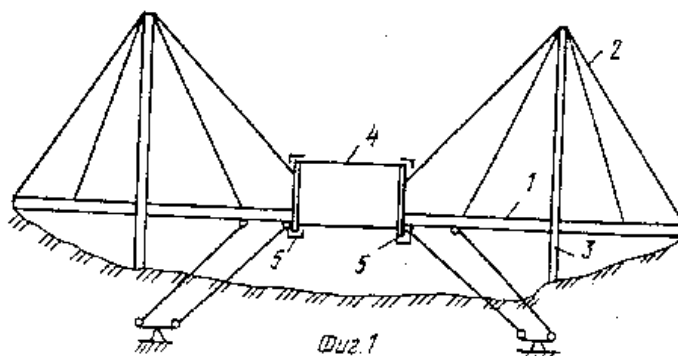


Рис. 9. Устройство защиты моста от бокового ветра. Патент РФ № 2120515

Часть энергии ветра с помощью подвижного паруса аккумулируется и передается с помощью троса и рычажного устройства мосту для повышения его боковой сопротивляемости.

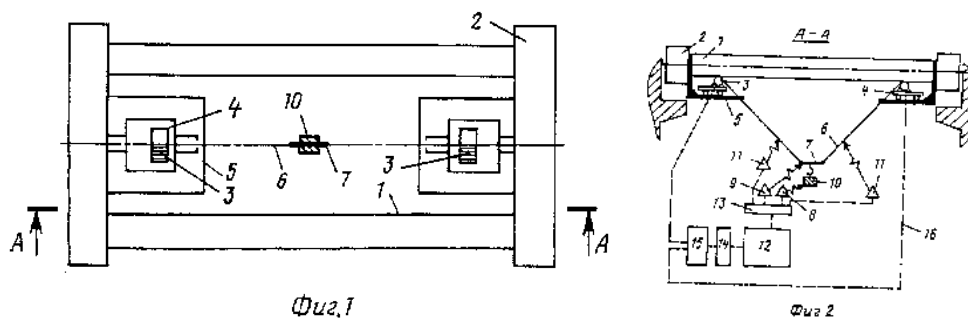


Рис. 10. Кран с системой автоматического управления.

Патент РФ № 2090486

Часть энергии поднимаемого груза используется для повышения сопротивляемости подкрановой балки.

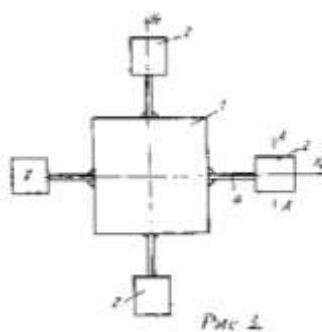


Рис. 11. Сейсмостойкое здание, сооружение Патент РФ №2087622

Инерционная подвижность вспомогательных масс 2 от сейсмического воздействия способствует стабилизации основной конструкции 1.

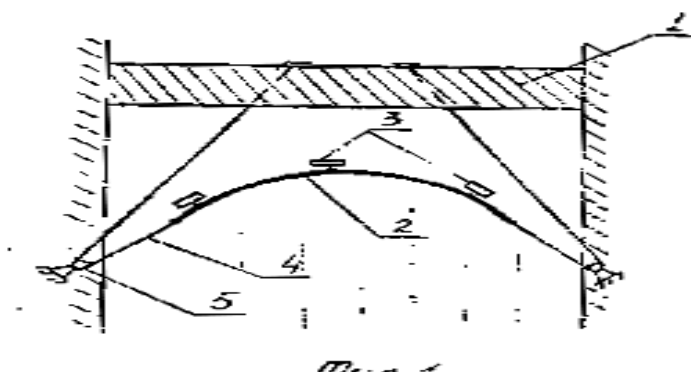


Рис. 12. Плотина. Патент № 2090693

Гибкая подвижная мембрана воспринимает часть энергии гидравлического удара, преобразует и передает его на плотину для динамического противодействия.

5. Принцип предварительной энергетической зарядки системы (аккумулирования) – в том числе предварительного напряжения. Этот принцип традиционно используется, например, в железобетоне для снижения трещиностойкости и других усилий для разгрузки более напряженных частей конструкции путем создания «обратного» напряжения и других целей. Для этого могут использоваться дополнительные нагрузки и специальные разгрузочные перераспределительные устройства, а также такая структура системы, при которой одна часть разгружает более напряженную. Реализация этого предложения дана, например, в патентах автора [3] (рис. 13). Накопленная при подъеме элементов (монтаже) потенциальная энергия может использоваться для управления конструкцией

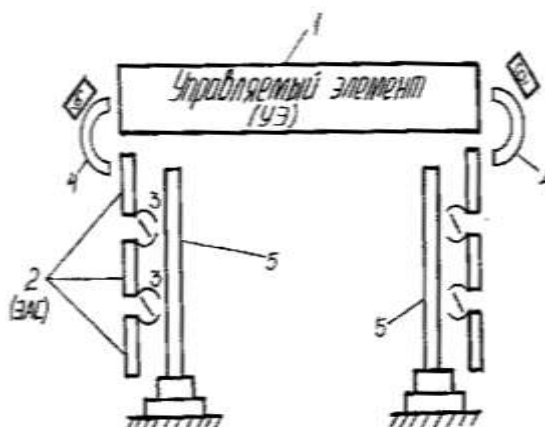


Рис.13. Пример функциональной схемы устройства для управления строительной конструкцией с помощью накопленной потенциальной энергии.

Патент РФ № 2068913

6. Автоматическое управление конструкциями за счет притока внешней энергии - САУ НДС

Энергетический принцип управления конструкциями

Управление конструкциями представляет высший этап развития и формообразования современных конструкций, который непосредственно базируется на энергетической основе. Действительно, если классическая механика и конструкции изучали системы, связанные с постоянством или оттоком энергии, ее идеализированным сохранением, постоянством (консервативные системы) или рассеиванием, диссипацией (неконсервативные системы), то для создания и функционирования управляемых конструкций необходим **приток** энергии. Это **активно** управляемые динамические системы.

Таким образом, энергетический принцип управления конструкциями непосредственно (системно) связан с притоком энергии, источниками ее получения и рациональными формами ее использования.

Управление конструкциями (САУ НДС) невозможно без притока внешней энергии. Рациональное управление может использовать отбор и преобразование части внешней или внутренней энергии (рис. 14) [1].



Рис.14. Энергетическая схема обеспечения САУ НДС

Активно управляемая конструкция – это система, состоящая из целостного набора элементов; механической части конструкции с

переменными параметрами и управляющего модуля, вырабатывающего решение об эффективных значениях переменных параметров, а также прямой и обратной связи между этими элементами (включая актуатор), обеспечивающими заданное функционирование управляемой конструкции на основе притока внешней энергии, причем источник энергии целесообразно рассматривать как один из элементов данной системы.

Различные примеры применения энергетического принципа автоматического управления приведены выше на рис. 8-13. Общие схемы и методы управления конструкциями разработаны в [1].

Энергетический принцип управления принципиально связан с кругооборотом энергии: с ее притоком, проходимостью, перераспределением и преобразованием, а также отводом (оттоком), соответствующей защитой.

Прходимость и преобразование энергии происходит при различных формах обратной связи в управляемой системе, среди которых можно выделить следующие варианты управляемых связей:

- уравнивающие связи, позволяющие стабилизировать состояние системы;
- усиливающие связи, способствующие желаемому изменению системы;
- упреждающие связи, предотвращающие нежелательные состояния (аварии).

Важно отметить, что для реализации энергетического принципа активного управления конструкциями используются все приведенные выше энергетические принципы формообразования конструкций, обеспечивающие приток энергии, ее источники и использование.

Это принципы: энергетической проводимости, энергетической защиты, перераспределения энергии деформирования, преобразования части энергии внешнего воздействия, предварительной зарядки (аккумулирования) энергии.

Среди форм и принципов управления энергетическими воздействиями следует указать на следующие: создание динамического противодействия с помощью вспомогательного динамического процесса; трансформацию внешнего воздействия на конструкцию, включая использование дополнительной «разгружающей» нагрузки, а также возможность изоляции конструкции или ее части от внешней среды; мобилизацию внутренних ресурсов системы, используя историю создания (монтажа) системы; перестройку структуры и организацию взаимодействия ее частей с помощью управляемых связей.

Отметим, что существуют **пассивно** управляемые конструкции, в которых управление сознательно осуществляется за счет отвода части энергии или ее перераспределения между отдельными частями конструкции с помощью различных демпферов, поглотителей энергии, улучшающих ее функционирование или предотвращающего аварийное состояние. Если мы

научимся эффективно реализовывать управляемый отвод механической энергии, его аккумуляцию и передачу от одной части конструкции к другой внутри системы, то тогда, вероятно, откроется новая возможность управления конструкциями, наряду с активными подходами и различными комбинациями.

На основе системного подхода следует отметить, что наряду с энергетическими аспектами весомый вклад в активное формообразование вносят также идеи пространственности, управления конструкциями, взаимодействия с внешней средой, включая требования экологичности, преодоления неопределенности, обеспечение живучести и безопасности, подчинение социальным желаниям, выражения архитектурной выразительности и красоты [9-10].

Литература

1. Абовский, Н.П. Управляемые конструкции: учеб. Пособие с грифом СИБРУМЦ /Н.П. Абовский. КрасГАСА. Красноярск, 1998.-433с.

2. Abovskiy, N. Energy principle in application for the controlled structures. Книга трудов конгресса International ICSS Congress on Spatial Structures in new and Renovation Projects of Buldings and Costurtions. Москва. Россия. 1998г.

3. Патент № 2068918. Российская Федерация Способ управления строительными конструкциями. / Абовский Н.П. Заявл. 15.06.1993., опубл. 10.11.1996г., БИ № 31.

4. Патент №2090693 Российская Федерация. Плотина /Абовский Н.П. Заявл. 13.05.1994, опубл. 20.12.1995. БИ № 35.

5. Патент № 2087622 Российская Федерация. Сейсмостойкое здание, сооружение /Абовский Н.П. Заявл. 18.05.1994., опубл. 10.11.2997. БИ 323.

6. Патент № 2090486. Российская Федерация. Кран с системой автоматического управления /Абовский Н.П., Доронин С.В. и др. Заявл. 1.11.1994, опубл.22.05.2007. БИ №26.

7. Патент № 2090486 Устройство автоматического управления деформированием высокой башни. /Абовский Н.П. Заявл. 19.01.1996. Опубл. 22.03.2007. БИ № 6

8. Патент № 2120515. Российская Федерация Устройство защиты моста от бокового ветра. / Абовский Н.П. Заявл. 18.09.1996. Опубл. 2.02.1999г. БИ № 29.

9 Абовский, Н.П. Конструктивная сейсмобезопасность. /Н.П. Абовский, Н.И. Марчук, О.М. Максимова, В.И. Палагушкин, В.Г. Сибгатулин, И.Р. Худобердин. :препринт, под ред. Проф. Абовского Н.П..- Красноярск : Сибирский федеральный ун-т, 2009.- 186 с.

10. Абовский, Н.П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и

сейсмических районах: научное издание /КрасГАСА, Красноярск, 2004, 241 с.

11. Абовский, Н.П. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями: учебное пособие; 3 изд. перер. и дополн. / под ред. Н.П. Абовского; Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский, В.И. Савченков, А.П. Деруга, Н.И. Марчук, Г.А. Стерехова, В.И. Палагушкин, Н.П. Андреев, П.А. Светашков, О.М. Максимова.- Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008.- 407 с.

Москва-Иваново 2010 с. 3-7

Институт градостроительства, управления и региональной экономики

Сибирского федерального университета

ОБ ОСНОВАХ ТЕОРИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Формообразование постепенно формируется из области искусства в синтезирующую обобщающую науку. Но пока ее изложение выражается главным образом в рассмотрении отдельных разобобщенных уникальных примерах из жизни выдающихся деятелей. Данная статья стремится привлечь внимание к более или менее систематическим выявлению основ (принципов) теории формообразования конструкций, которые могли бы быть дополнены другими авторами и составить качественную теорию. Здесь приходится повторять известные и приводить новые положения с целью их систематизации (рис. 1).

1. Принцип системности, целостности, взаимосвязанности всех элементов конструктивного решения и их взаимодействия с окружающей средой (в том числе с основанием, природой, внешними воздействиями).

2. Принцип пространственности и многосвязности, который закладывает (обеспечивает) возможности повышения живучести, безопасности и надежности конструктивного решения.

3. Комплексная связь архитектурного и конструкторского замыслов с выбором материалов и технологии изготовления, транспортировки и производства работ, а также эксплуатации, т.е. всего жизненного цикла сооружений. Именно в комплексности подхода реализуется красота, надежность и польза архитектурно-инженерного замысла.

4. Архитектурно-строительная экология - важнейшая проблема XXI века.

Формообразование конструкций, удовлетворяющих экологическим требованиям – важнейшее звено в решении этой проблемы, имея в виду не только надземные, но и подземные, в частности гидрологические, природные условия. В этой огромной проблеме здесь отметим отдельные работы [3, 7, 8].

5. Принцип декомпозиции глобальных конструкций на типовые (повторяемые) элементы, удовлетворяющий требованиям и возможностям современных материалов и технологии производства, и позволяющий создавать структурные композиции разнообразных конструкций. Это

принцип формообразования массовых конструкций имеет важное практическое значение, но не относится к уникальным индивидуальным сооружениям.

Отметим, что при выборе типовых элементов, особенно композиционного типа, целесообразно создать такие конструктивные условия, при которых каждый из использованных материалов находился в наиболее выгодных условиях работы. Применительно к сталежелезобетонным конструкциям это сделано в работе [6].



Рис. 1. Схема основ теории формообразования конструкций для строительства в сложных грунтовых условиях

6. О специфике формообразования конструкций для строительства в сложных условиях.

Традиционные подходы базируются в основном на преодолении негативных свойств слабых грунтов путем их замены, уплотнения, устройства свайных фундаментов с опорой на более прочные слои т. п. Все

это ведет к нарушению экологии, в том числе режима подземных вод с последующими последствиями.

Альтернативный подход к формообразованию состоит не в пренебрежении свойств слабых грунтов, а в использовании их хоть и небольших несущих свойств, путем применения таких конструкций, которые малочувствительны к негативным проявлениям сложных грунтов (осадкам, просадкам, неравномерным деформациям), но обладающих достаточной жесткостью и распределительной способностью (как лыжи на снегу или корабль на воде). Примером таких конструкций могут служить пространственные наземные фундаментные платформы, успешно примененные в Красноярске в сложных грунтовых условиях на бывшей свалке, на подтапливаемых территориях, в стесненных условиях строительства и т. п. [1-3]. Отметим, что пространственные платформы из разных материалов использовались еще для древнейших сооружений, так, что эти идеи получили второе дыхание на современном уровне [3].

7. О формообразовании конструкций при сочетании сложных грунтовых условий и сейсмичности

Традиционные подходы здесь состоят главным образом не только в применении мероприятий, преодолевающих негативные свойства слабых грунтов, но и в использовании различных сейсмоизолирующих устройств, которые располагаются, как правило, *выше* фундамента. Заметим, что последнее приводит к некоторому нарушению целостности системы (фундамент+верхнее строение), т. е. ее ослаблению.

Альтернативный подход состоит в применении конструкций, малочувствительных к негативным проявлениям слабых грунтов (описанных выше), но снабженных защитными устройствами, которые снижают (полностью или частично) передачу сейсмических воздействий от грунта на фундамент и тем самым *на всю систему*.

Примером такого формообразования может служить применение пространственных фундаментных платформ, расположенных на скользящем слое (*между платформой и основанием*), и создание *зданий замкнутого типа*, объединенных с такой фундаментной платформой в единую цельную многосвязную систему [1-3].

Такой подход устраняет традиционные ограничения на формообразование зданий в виде обязательной симметричности, протяженности здания, расположения масс, повышенной чувствительности к крутильным и несимметричным сейсмическим воздействиям и т. д. Мощная сейсмическая волна, преодолевая трение, проскальзывает под такой платформой.

8. Энергетические аспекты формообразования конструкций.

Инженерная деятельность человека является частью современного мироздания и она не отделима от природных процессов, которые с общих позиций характеризуются энергетическими преобразованиями. Инженерные

сооружения, имеющие целью создание желаемого микроклимата, являются некоторым ограждением (барьером) между внешней и внутренней средой.

Традиционный инженерный подход основан на конструктивных решениях, преодолевающих или защищающих внутреннюю среду и собственно конструкцию от внешнего энергетического воздействия. Культивируются различные способы и конструкции, лучшим способом сопротивляющиеся этим внешним воздействиям энергии (силовой, тепловой, лучевой и т.п.).

Альтернативный подход основан на системном взаимосвязанном рассмотрении инженерной строительной деятельности с внешними энергетическими воздействиями, на использовании части этих «вредных» воздействий вплоть до полной или частичной изоляции и управляемости процессом. Ниже приведены некоторые принципы такого подхода, которые позволяют не только рациональнее формообразовывать конструкции, но и находить новые формы, включая управление конструкциями [3, 4].

- **Принцип энергетической проводимости конструкции** определяет возможности ее работы (функционирования), т. е. должна быть обеспечена проводимость энергии от места приложения до опор.
- **Принцип энергетической защиты** от «вредных» внешних воздействий, т.е. формообразование должно предусматривать устройства *защиты всего сооружения*, например, типа скользящего слоя, препятствующего передаче сейсмического воздействия, или обтекателей, защищающих от ветра, или различного рода демпферов и т. д.
- **Принцип использования части «вредной» энергии** внешнего воздействия для создания большого сопротивления конструкции («внешнее зло превратить в добро»). На этом перспективном пути запатентованы решения для мачт, мостов, кранов и др. [4]. Исторически этот принцип использовался для предупреждения аварий при определенном превышении внешних воздействий.
- **Принцип перераспределения энергии деформирования конструкции.** Формообразование должно предусматривать дополнительные внутренние связи и устройства, обеспечивающие рациональную работу всех элементов системы, их совместность и взаимоподдержку. Например, менее напряженные элементы должны передавать свой неиспользованный резерв более напряженным и т. п.
- **Принцип предварительной энергетической зарядки (аккумулирования).** Используя приток внешней энергии при производстве конструкции или в момент ее нагружения, формообразование должно предусматривать создание обратного противодействующего эффекта для повышения сопротивляемости конструкции. Это идеи резервирования и создания противотока как в статике, так и в динамике.

- **Энергетический принцип управления конструкциями** предусматривает при формообразовании включение постоянного притока внешней энергии, необходимого для управления напряженно-деформированным состоянием конструкции, используя для этой цели соответствующие средства наблюдения, модули управления и актуаторы. Это путь развития автоматически управляемых конструкций и интеллектуальных (обучаемых) систем.

Отметим, что примеры реализации энергетических принципов на уровне патентов приведены в [3, 4, 5].

Библиографический список

1. Жаданов, В. И. Индустриальные конструкции для строительства малоэтажных зданий и сооружений. / В.И. Жаданов, Н. П. Абовский, Л. В. Енжиевский, И. С. Инжутов, В. И. Савченков: учебное пособие. Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Строительство». – Оренбург – Красноярск: ОГУ – СФУ, 2009, – 416 с.

2. Абовский, Н. П. Пространственные сборные сплошные фундаментные платформы для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности / Н.П. Абовский. Красноярск: КрасГАСА,- 2004, - 202с.

3. Абовский, Н. П. Конструктивная сейсmobезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях /препринт-научное издание / Н.П. Абовский, Н.И. Марчук, О. М. Максимова, В. И. Палагушкин, В. Г. Сибгатулин, И. Р. Худобердин. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т. 2009, - с 186.

4. Абовский, Н. П. Управляемые конструкции: учебное пособие /Н.П. Абовский. Красноярск: КрасГАСА, 1998.- 433 с.

5. Абовский, Н. П. Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмических районах / Н. П. Абовский. Красноярск: КрасГАСА, 2004, - 241с.

6. Абовская, С. Н. Сталежелезобетонные конструкции. Панели и здания. /С.Н. Абовская. Красноярск: КрасГАСА,- 2001.- 460 с.

7. Абовский, Н. П. Эффективные экологические строительные конструкции /Н.П. Абовский, В. И. Палагушкин. Одесса. Вестник Одесской державной архитектурной академии Выпуск № 36, 2009,- с. 3-8.

8. Тетиор, А. Н. Архитектурно-строительная экология. М.: 2008.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Н. П. Абовский, д-р тех. наук, профессор ИГУРЭ СФУ (Красноярск)

В. И. Палагушкин, к-т. тех наук, доцент ИГУРЭ СФУ (Красноярск)

М.В. Лапеев, ст-т 4 курса СФ ИГУРЭ СФУ (Красноярск)

Проблемы фундаментостроения в особых грунтовых условиях и сейсмичности являются весьма актуальными для многих регионов России.

Традиционные способы устройства фундаментов малоэффективны в этих условиях, часто требуют применение тяжелой техники и большого объема земляных работ. Нередко стоимость свайного фундамента под коттедж превышает стоимость верхнего строения.

В Красноярске найден эффективный выход из этого положения в виде пространственных фундаментных платформ (ПФП). Пространственные фундаментные платформы (ПФП) – это, как правило, поверхностные (незаглубленные) пространственные сборные или монолитные системы, состоящие из верхних и нижних плит, объединенных перекрестными балками (фермами, шпренгелями) [1-3]. В случае необходимости заглубления пространственная платформа может конструктивно объединяться с подвальным этажом (стенами и перекрытием) в цельный монолитный пространственный фундамент, сочетая функции фундамента и эксплуатационного этажа.

Авторами предложены **основные положения (принципы) разработки конструктивных решений** для строительства зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях, которые **в совокупности** способствуют достижению поставленной цели.

1. Принцип системности. Верхнее и нижнее строения здания (сооружения) рассматриваются как единая цельная (замкнутая) система, взаимосвязанная между собой и внешней средой, в том числе с основанием.

Именно ПФП создает возможность пространственного распределения напряжений, включая и работу всех элементов перераспределения усилий (в случае перегрузок одного из элементов) и т. п., создавая резервы прочности и надежности (живучести). Но для этого необходим соответствующий выбор структуры пространственного формообразования. Иерархическая структура, когда нижние элементы поддерживают верхний, может подвергнуться обвальному обрушению. Возможны также параллельные, дублирующие и другие структуры.

2. Принцип сохранения внешней среды (основания) в естественном состоянии, т.е. экологичности конструкции

ПФП не нарушают сложившиеся геологический и гидродинамический подземные режимы, (минимум земляных работ). В случае вечномёрзлых грунтов ПФП служит теплозащитным устройством. ПФП в сочетании с традиционными водозащитными мероприятиями на территории предотвращает попадание поверхностных и техногенных вод под здание, что способствует предотвращению неравномерных осадок и просадок грунтов.

Данный принцип нацелен на создание экологичных конструкций.

Отметим, что традиционные способы строительства на слабых грунтах базируются, как правило, на усилении грунтов различными способами (например, уплотнением) или на применении таких конструктивных решений (например, свай), которые преодолевают слабые слои, но всякого рода уплотнение грунта приводит к нарушению естественно сложившегося гидрогеологического режима, которое нередко имеет негативные последствия.

Предлагается использовать свойства слабых грунтов путем применения наземных сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП) в сложных грунтовых условиях [1-3].

3. Принцип рационального пространственного формообразования таких конструкций, которые малочувствительны к негативным воздействиям внешней среды (основания).

4. Принцип сейсмозащиты (сейсмоизоляции) системы фундамента и верхнего строения как цельной системы

Особое значение приобретает этот принцип для строительства в сейсмических районах на слабых грунтах (в сложных грунтовых условиях). Применение ПФП на скользящем слое снижает большие сейсмические воздействия на здание в десятки раз.

5. Принцип совмещения в пространственной фундаментной платформе (ПФП) конструктивных, функциональных и технологических свойств, включающих, например, ограждение, теплозащиту, несущий пол, размещение оборудования, коммуникаций и т. п., а также удобство устройства скользящего слоя на основании под ПФП.

Для реализации этих принципов целесообразно использовать следующие возможности конструктивных решений: **пространственность; многосвязность; замкнутость; сплошность** пространственной платформы.

Отметим, что ПФП могут реализовываться не только в незаглубленных (наземных) вариантах, но и в подземных в виде одного или нескольких подземных этажей. Монолитное конструктивное решение которых выполняет роль цельных пространственных коробчатых фундаментов типа глобального постамента под верхнюю часть замкнутого здания с ПФП. Его размеры в плане шире, чем здание.

Заметим, что в литературе для многоэтажных зданий имеются предложения о применении на слабых грунтах свайных фундаментов с

утрамбованной песчанной подушкой, которая должна сейсмоизолировать верхнее строение, но при этом верхняя часть здания отделена от фундамента. Возникает сомнение о достаточной устойчивости такой конструкции. Применение ПФП, объединенных с верхним строением в замкнутую систему, представляется надежным и экономичным.

Отметим, что система, включающая верхнее строение вместе с фундаментом (будучи даже отделенной от основания), должна быть геометрически неизменяемой, многосвязной (так, чтобы обладать способностью перераспределения усилий при разрушении отдельных связей, чтобы локальные повреждения не вызывали глобального обрушения).

Связи данной системы с основанием не должны полностью или частично передавать негативные воздействия от основания на фундамент здания (сооружения). Таким негативным воздействием являются, главным образом (по мнению авторов), **горизонтальные** (тангенциальные) смещения. (В справедливости данной гипотезы авторы убедились на основе численного эксперимента моделирования) [4].

Отсюда следует ряд принципиальных конструктивных предложений:

- фундамент вместе с верхним строением должен представлять замкнутую многосвязную систему;

- целесообразно устраивать фундамент в виде сплошной платформы достаточной жесткости, используя пространственное формообразование для повышения жесткости при ее уменьшенном весе [1-2];

- между фундаментной плитой и основанием устраивать скользящий слой, минимизирующий передачу больших горизонтальных сейсмических смещений основания на фундаментную плиту;

- между торцевой частью фундамента (в случае его заглубления) и основанием предусматривать воздушный зазор (или упругую засыпку), чтобы уменьшить (исключить) лобовое (фронтальное) воздействие волны на фундамент.

Таким образом, главной целью конструктивной сейсмобезопасности должны быть решения устройства внешней защиты для снижения сейсмического воздействия на систему (здание+фундамент) и затем уже по изолированию (демпфирование, перераспределению и т. п.) отдельных частей здания от передавшихся на систему сейсмических воздействий.

Следует отметить, что традиционно методы и устройства сейсмоизоляции отдельных частей, получили многообразные решения. В то же время методы и устройства, снижающие сейсмическое воздействие на систему в целом, разработаны недостаточно. В действующем СНиПе и многих публикациях даны полезные рекомендации по конструктивным решениям верхних строений из разных материалов, но практически полностью отсутствует информация о влиянии типа фундамента и его связей с верхним строением как цельной системы и их работе, а также приемы уменьшения сейсмического воздействия на систему. Устройства

демпфирования и сейсмоизоляции получили достаточное развитие. Удалось показать на основе компьютерного моделирования [4], что устройство скользящего слоя (например, в виде нескольких слоев пленки) между фундаментной плитой и основанием приводит к снижению во много раз сейсмического воздействия на фундамент и верхнее строение. Идея пространственных фундаментных платформ с элементом проскальзывания имеет древнейшие исторические конструктивные корни во многих сооружениях, дошедших до наших дней. Можно надеяться, что конструкции проскальзывания получат современное конструктивное развитие и будут использованы в качестве управляющих параметров для повышения сейсмобезопасности зданий и сооружений.

Список литературы:

1. **Абовский, Н. П.** Активное формообразование архитектурно-строительных конструкций зданий и сооружений из унифицированных строительных элементов для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмических районах: научное издание /КрасГАСА, Красноярск, 2004. – 241 с.
2. **Абовский, Н. П.** Пространственные фундаментные платформы: сборник научных работ.- Красноярск: КрасГАСА.-2006. – 187 с.
3. **Пат. 2068918.** Российская Федерация. Способ управления строительными конструкциями / Абовский Н.П. 1996, Бюл. № 31.
4. **Абовский, Н.П.** Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях /препринт-научное издание / Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009, – С. 186.

УДК 624.01

ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Абовский Н.П., *д.т.н., проф., засл. деятель науки и техники РФ,*
почетный член РААСН, Инжутов И.С., *д.т.н., проф., академик РАЕН,*
Палагушкин В.И., *к.т.н., доц.*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Понятие об экологических строительных конструкциях в строительных нормах отсутствует. В традиционные технико-экономические показатели для сравнения и выбора эффективных конструкций показатели экологичности не входят. В то же время именно строительство является повсеместно нарушителем экологии среды.

В настоящее время проблема экологии занимает в мире первостепенное решение. А ведь главные воздействия на экологические проблемы оказывают строители (роют, строят, загораживают и засыпают реки и многое др.). Очевидно, настало время, чтобы строительные проблемы решались сознательно, системно, в совокупности. Иначе поздно будет что-либо восстановить, особенно это относится к северным нефтегазоносным районам Сибири, созданию новых плотин и др.

Предлагаются такие новые конструктивные решения, которые минимально вносят изменения в экологическую обстановку, обладая при этом выгодными технико-экономическими показателями в сравнении с традиционными конструкциями. К этим принципам (экологичность+экономичность) присоединяются принципы максимального учета реальных условий среды (а не пренебрежения её пусть даже слабыми несущими свойствами), а также учет выгодных инженерно-технологических возможностей производства и транспортировки. Применение такого подхода особенно эффективно в случае слабых грунтов, которые занимают три четверти территории Красноярска и стесненных условий строительства.

Разработаны два типа конструкций: пространственные фундаментные платформы и опоры под магистральные нефтегазопроводы.

Использование сплошной пространственной фундаментной платформы (ПФП), обладающей повышенной жесткостью и большой распределительной способностью, позволяет строить в сложных грунтовых условиях (слабые, просадочные, пучинистые, вечномёрзлые и другие грунты), так как они малочувствительны к неравномерным деформациям, в том числе, осадкам и просадкам грунтов. Разработаны некоторые новые принципы и конструктивные решения строительства в сложных грунтовых условиях, в

которых предлагается использовать свойства слабых грунтов путем применения наземных сплошных пространственных фундаментных платформ (ПФП), не нарушающих подземный природный гидротехнический режим и позволяющих предохранить подземные слои от температурных и других негативных разрушительных воздействий. Разработан набор ПФП для различных конструкций (рис. 1) с разными технологиями изготовления (патенты РФ №№ 38789, № 55388, 41829) для строительства на слабых и вечномёрзлых грунтах [6-9].

Важное место среды экологических проблем занимает сейсмобезопасность зданий, сооружений, трубопроводов.

Применение разработанных конструкций незаглубленных фундаментов на скользящем слое, расположенном между основанием и фундаментом, создает возможность для проскальзывания сейсмической волны под фундаментом, т.е. снижению сейсмического воздействия на фундамент.

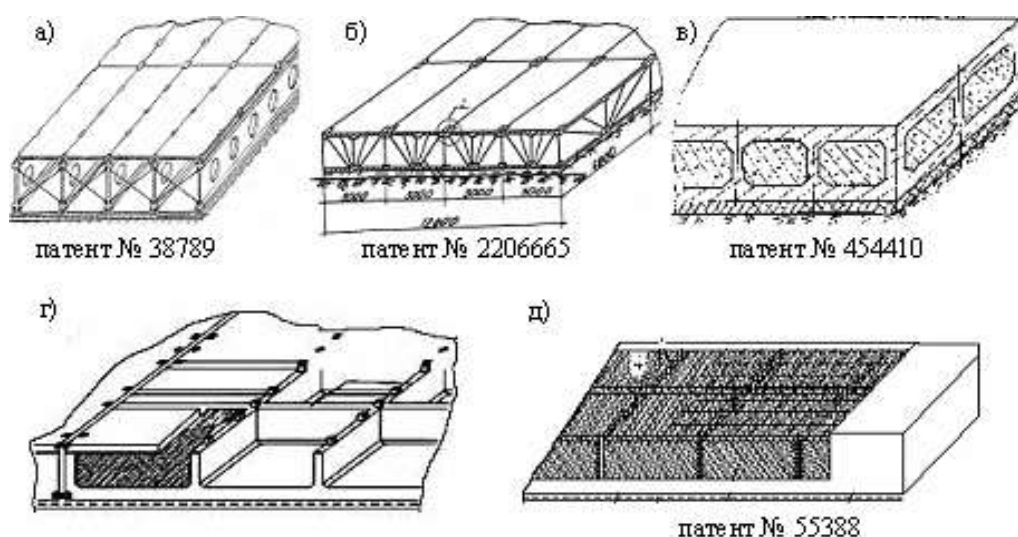


Рис. 1. Пространственные фундаментные платформы: а – в – для строительства на слабых и вечномёрзлых грунтах; г, д – сборный и сборно-монолитный варианты ПФП для малоэтажного строительства

Аналогичным свойством обладает устройство предложенных плитных опор под трубопроводы на гравийной подсыпке. Таким образом, повышается сейсмобезопасность сооружений

Альтернативным предложением по прокладке трубопроводов являются запатентованные разработки ИГУРЭ СФУ, представляющие собой регулируемые согласно реальной местности мобильные опоры на железобетонной плите, не требующие заглубления в грунт. Обеспечивается сохранность северных почв, индустриальность работ в любое время года, в максимальной степени сохраняется экология окружающей среды.

Разработаны регулируемые опоры под магистральные трубопроводы, объединенные с фундаментной плитой, которые также не заглубляются в грунт (рис. 2). Они отличаются индустриальностью и эффективностью, удобством монтажа и демонтажа, а также повышенной экологической безопасностью.



Рис. 2. Заводской образец регулируемой опоры, объединенной с фундаментной плитой для надземных магистральных трубопроводов. Патенты РФ № 2246657 и № 41829

Экономическая эффективность пространственных платформ складывается из следующих факторов: предотвращение аварийности из-за сеймики и неравномерных осадок; снижения эксплуатационных затрат; удешевления строительства (уменьшение земляных работ и общей трудоемкости, сборность и транспортабельность на обычном транспорте; уменьшение расхода бетона; сокращение сроков строительства; совмещение функций (использование резервной аварийности емкости в случае использования фундаментов под резервуары патенты РФ № 53342, 63375).

В случаях сложных грунтовых условий, когда есть опасение выдавливания слабых грунтов из-под ПФП и есть необходимость усиления слабых грунтов, целесообразно использовать ПФП на скользящем слое или с жестко присоединенной по контуру к ней конструкцией «стена в грунте» (см. рис. 3 б).

Для грунта создается обойма, улучшающая условия работы грунта и препятствующая его выпиранию из-под ПФП. В сейсмических районах вокруг «стены в грунте» делается перекрываемый ров с воздушным зазором или «мягкой засыпкой», которые уменьшают горизонтальные сейсмические воздействия на заглубленную часть фундамента.

Укрепление грунта и «смягчение» сейсмического воздействия повышают конструктивную безопасность. А при объединении ПФП с верхним строением в «замкнутое» сооружение повышается безопасность при вертикальных, наклонных, крутильных сейсмических воздействиях.

Отметим, что в случае установки на ПФП агрегатов с динамическими вибрационными воздействиями использование конструкции «стена в грунте»

присоединяет к ним массу грунта в обойме и способствуют снижению собственных частот колебаний конструкции.

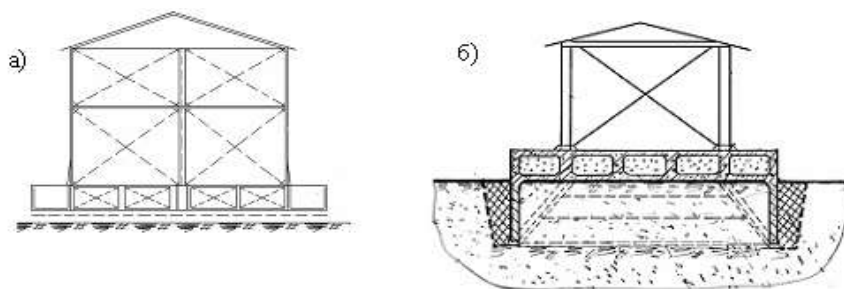


Рис. 3. Примеры малоэтажных зданий замкнутого типа для строительства в сейсмических районах в сложных грунтовых условиях, объединенных с пространственной фундаментной платформой: а) незаглубленное со скользящим слоем; б) конструкция «стена в грунте. а) патент РФ № 2215852, б) патент РФ № 64650

Масштабное применение ПФП в малоэтажном строительстве в стране может дать экономию сотни миллиардов рублей. В Красноярске фирмой «Енисейлесстрой» уже построено 7 зданий на ПФП в железобетонном варианте в сложных грунтовых условиях (на насыпных грунтах, на обводненной территории в пойме реки) [7,9].

Для строительства в сельской местности оказываются весьма эффективными быстровозводимые здания, в которых рационально сочетаются рамнопанельные блок-секции на основе древесины (рис. 4, а) в сочетании с легкими фундаментными платформами. Предлагаемые блок-секции имеют размеры в плане 12×2 м и состоят из ригеля в виде блок-ферм, соединенных с помощью подкосов в карнизных зонах с совмещенными стеновыми панелями. Узлы конструкции запроектированы так, что позволяют сложить конструкцию в удобный малогабаритный блок и перевезти обычным автотранспортом (рис. 4, б, в).

Блок-секции целесообразны в качестве нормоккомплектов временных жилых зданий на случай преодоления чрезвычайных ситуаций, а также для возведения пионерных поселков, освоения месторождений полезных ископаемых, организации поселков пограничных войск.

Следует обратить особое внимание на целесообразность и эффективность использования рамнопанельных блок-секций в жилищном строительстве. В этом случае необходимо дополнительно устроить подвесные потолки.

Тогда, например, использование всего пяти блок-секций позволяет в максимально сжатые сроки получить дом с размерами в плане 10×12 м.



Рис. 4. Быстровозводимые здания из рамнопанельных блок-секций, устанавливаемых на фундаментные платформы: а - конструктивная схема блок-секции; б - транспортировка и в - разгрузка конструкции; г - фрагмент жилого дома

При этом торцы дома могут быть устроены из панелей аналогичной конструкции, т.е. изготовленные с помощью той же технологической оснастки, или иметь фахверковое решение.

Заметим также, что увеличение высоты стеновых панелей - блок-секций до 6 м определяет возможность строительства и двух этажных домов.

Предлагаемые решения предназначены, прежде всего, для социального жилья как на селе, так и в пригородах, нужда в котором весьма остра в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абовский, Н.П. Строительные проблемы экологического освоения северных районов Красноярского края / Н.П. Абовский. Красноярск:КрасГАСА, 2007,-с.165.

2.Абовский, Н.П. Строительные проблемы освоения северных нефтегазоносных районов Красноярского края с учетом требований экологии /Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский. Вестник отделения строительных наук РААСН. Период. науч. издание, Курск, 2007, с.380-386.

3. Абовский, Н.П.. Новые конструктивные решения для сейсмостойкого строительства в особых грунтовых условиях/Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский Л.В., В.Д. Надеяев. Журнал «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, М., №3, 2004, с.30-32.

4. Патент № 2206665 Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа / Абовский Н.П., Абовская С.Н., Енджиевский Л.В., Майстренко Г.Ф., Драчев М.В., Невзоров А.И. БИ . № 17, 2003.

5. Патент № 2273697 Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа, объединенная с резервуаром, для строительства на

слабых, вечномерзлых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Абовская С.Н., Поповский Б.В., Майстренко Г.Ф., Сапкалов В.И. БИ №10.2006 .

6. Патент № 38789. Российская Федерация. Сборная пространственная железобетонная фундаментная платформа для строительства многоэтажных зданий в особых грунтовых условиях / Абовский Н.П., Сапкалов В.И. БИ 19. 2004.

7. Патент № 45410. Российская Федерация. Монолитная пространственная фундаментная платформа / Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Сиделев В.А. . БИ №13, 2005.

8. Патент № 50553. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под агрегаты с динамической нагрузкой для строительства на слабых и вечномерзлых грунтах / Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Шкляева Е.А. БИ № 2. 2006.

9. Патент № 55388. Российская Федерация. Пространственная железобетонная фундаментная платформа для малоэтажных зданий для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности в сборном и монолитном вариантах / Сиделев В.А., Абовский Н.П., Попович А.П., Сапкалов В.И., Карасев Д.В. БИ № 22. 2006.

10. Патент № 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Андреев Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И. БИ № 19. 2007.

11. Патент № 69094. Российская Федерация. Пространственная железобетонная фундаментная платформа в сборном и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях и сеймики / Абовский Н.П., Сиделев В.А., Желтов В.И., Сапкалов В.И., Корневец Е.С., Мутовина Е.А. БИ № 34. 2007.

12. Абовский, Н.П. Пространственные конструкции для строительства в нефтегазоносных районах Сибири /научная сессия «Новые конструктивные решения пространственные покрытий и перекрытий зданий и сооружений», МОО «Пространственные конструкции», Межрегиональная общественная организация Содействие развитию и применению пространственных конструкций в строительстве». 2005 г.

13. Патент № 2215852 Российская Федерация. Полносборное здание и сооружение замкнутого типа, включающее фундамент, для строительства на вечномерзлых, слабых, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Наделяев В.Д., Абовская С.Н., Енджиевский Л.В., Абовский Н.П. и др. БИ № 31, 2003 г.

14. Патент № 64650. Российская Федерация. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах /Абовский Н.П., Андреев Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И. БИ № 19, 2007.

Статья принята к публикации 2010

Абовский Н.П., д-р техн. наук, профессор, почетный член РААСН

Палагушкин В.И., канд. техн. наук, доцент

Сапкалов В.И., инженер

Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

МОБИЛЬНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ЭКОЛОГИЧНЫЕ ОПОРЫ ПОД НАДЗЕМНЫЕ МАГИСТРАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

В связи с большим размахом строительства трубопроводных систем в сибирских условиях, где широко распространены вечномёрзлые грунты, а так же в сложных грунтовых условиях и сейсмичности в густонаселенных и природоохраняемых зонах с различными природными условиями требуется проведение специальных дорог и больших земляных работ. Поэтому особое значение имеет прокладка труб при сохранении экологической обстановки и повышения надежности систем. Целесообразность и вынужденная необходимость надземной прокладки магистральных трубопроводов в северных нефтегазоносных районах Сибири доказана многими исследователями и практиками. Д.М. Хомяков д.т.н. профессор МГУ им. М.В. Ломоносова чётко указал: «единственным приемлемым решением при строительстве нефтегазовых объектов является сохранение растительного покрова...» Поэтому конструкции надземных опор должны удовлетворять требованиям не только индустриальности и экономичности, но и экологичности [1].

Используемые решения, например, шпальные клетки, свайные опоры этим требованиям плохо удовлетворяют. Из-за использования тяжелой техники для забивки свай под опоры трубопровода, вокруг металлических свай образуется протаивание, оврагообразование, нарушающее несущую способность свай (рис.2). На Аляске были использованы специальные трубчатые термосваи (сваи – холодильники), отличающиеся высокой стоимостью и сложностью строительства.



Рис. 1. Термоэрозия и оврагообразование в полосе газопровода из-за использования тяжелой техники. Протаивание вокруг металлических свай и потеря их работоспособности

Применение свай, кроме этого, требует больших работ по восстановлению земляного покрова. Важнейшим вопросом является требование демонтажа трубопроводов после, например 30 летнего срока их эксплуатации. Использование свайных опор весьма усложняет и удорожает этот процесс, сопоставимый со стоимостью строительства.

Эти соображения легли в основу предлагаемых новых запатентованных конструкций надземных опор [1], представляющих собой регулируемые мобильные опоры на железобетонной плите, не требующих заглабления в грунт, состоящих из опорной железобетонной плиты, осуществляющей функции наземного (незаглубленного) фундамента, на которой на болтах смонтированы опоры козлового типа под трубопровод (рис. 2,3).

Имеющиеся дополнительные отверстия в металлических элементах под болты, позволяют при их сборке устанавливать требуемую высоту и наклон опорной части трубопровода согласно реальной местности. Эта же способность управляемости сохраняется при ремонте и эксплуатации трубопроводов в случае просадки грунтов и неравномерную осадку опор.

Данные опоры выполняют также функции сборочного стенда трубопроводов и их сварки с помощью переносного сварочного оборудования [6].

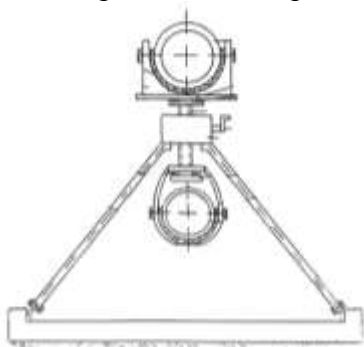


Рис. 2. Опора надземного трубопровода. Патент № 2246657

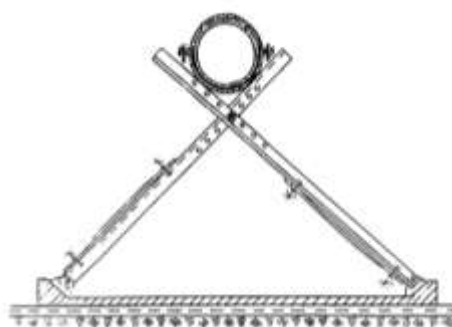


Рис. 3. Регулируемая опора надземного трубопровода для строительства в сложных грунтовых условиях. Патент № 41829

Изготовлен опытный образец мобильной регулируемой надземной опоры ОАО «Соцкульбытстроем» г. Красноярск (рис. 4).



Рис. 4. Мобильная регулируемая опора, объединенная с фундаментной плитой, для надземных магистральных трубопроводов

Опоры могут быть использованы для слежения и управления за напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях и на вечномёрзлых грунтах; они обладают повышенной надежностью и качеством управления за счет учитывания реальных свойств конструкции (рис. 5) [4,5].

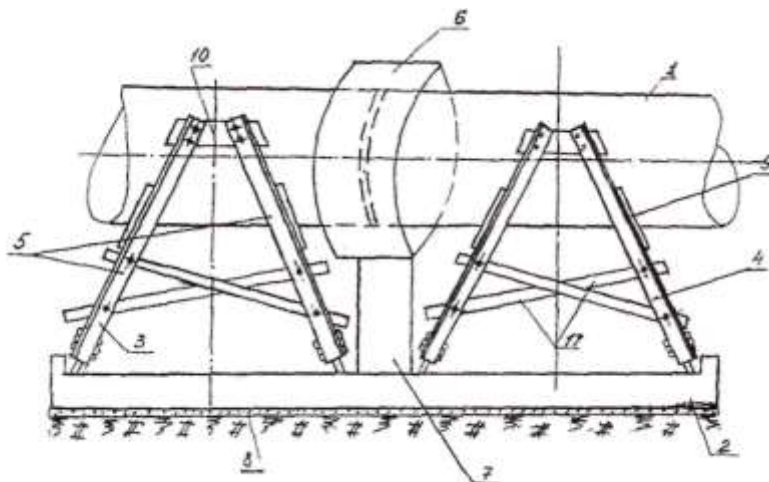


Рис. 5. Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием с помощью оптических и механических устройств

Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов состоит в том, что в его опасных места размещены измерительные устройства. Измерительные устройства могут быть оптическими и механическими.

Магистральные трубопроводы часто подвергаются действию ветровых нагрузок, которые приводят к колебаниям трубопроводов, оказывают негативные воздействия на них и уменьшают надежность их работы [7].

Предлагаемая конструкция (рис. 6) позволяет повысить надежности эксплуатации надземных трубопроводов путем защиты их от действия ветровых нагрузок и предотвращения ветровых колебаний с помощью установки на трубопроводе шпренгельных и амортизационных устройств.

В целом эти устройства позволяют обеспечить предварительное напряжение трубопровода на рискованных участках, ужесточить конструкцию, изменить форму и частоту собственных колебаний и воспрепятствовать негативному воздействию [8]. Данные устройства являются съемными, устанавливаются в опасных ветровых зонах в процессе наблюдения за эксплуатацией надземных трубопроводов.

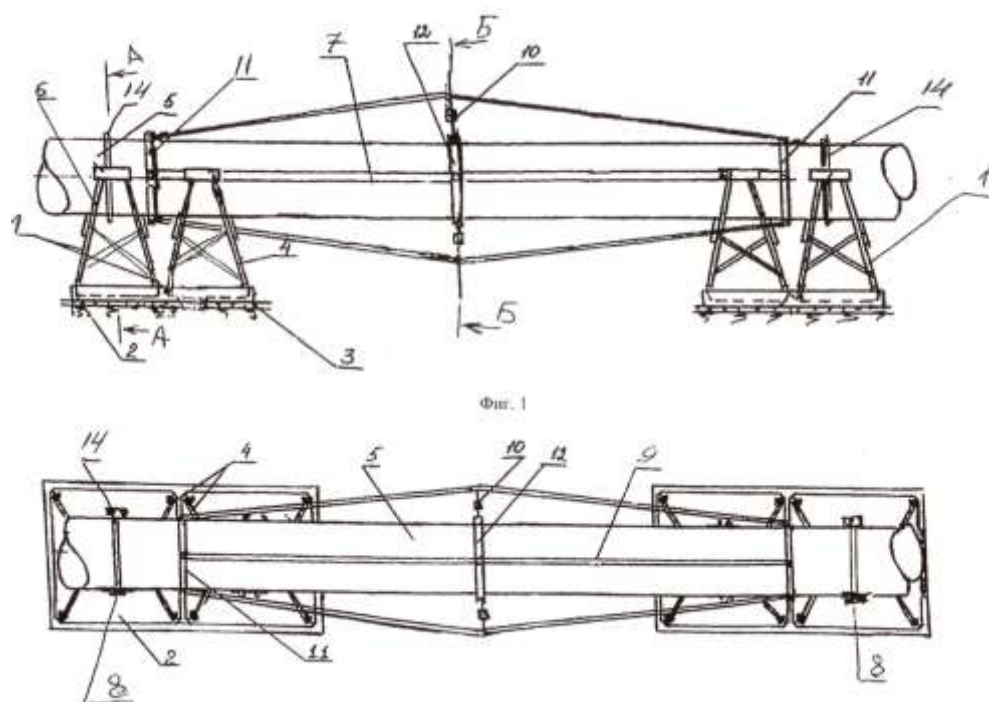


Рис. 6. Устройство для повышения надежности работы магистральных трубопроводов от ветровых воздействий

Данные опоры обладают следующими преимуществами:

- установка опоры на местности практически не требует производства земляных работ и применения тяжелой техники,
- сборка опор на болтах без применения сварки
- в опорах предусмотрена регулировка уровня и наклона установки трубопровода согласно рельефу местности
- опора является сборочным стендом для монтажа и сварки трубопровода
- в максимальной степени сохраняется экология окружающей среды, сохранность почв,
- позволяют следить и управлять напряженно-деформируемым состоянием труб на опорах с помощью оптических и механических устройств;
- предусматриваются практически все операции от доставки, сборки, монтажа, демонтажа и наблюдения за состоянием. удобство производства демонтажа.

Кроме нефтяников и газовиков, интерес к данным опорам проявили теплоэнергетики и работники магистральных сетей ЖКХ.

Экономическая эффективность мобильных опор под магистральные трубопроводы складывается из следующих факторов:

- **предотвращение аварийности из-за сейсмичности и неравномерных осадок.** Отметим, что в некоторых регионах, например, в Иркутской области, где наличие вечномёрзлых грунтов сочетается с высокой сейсмичностью, применение предложенных опор весьма эффективно, так как обеспечивается сейсмостойкость и сохранность свойств вечномёрзлых грунтов. Действительно, сейсмостойкость трубопроводов на предлагаемых опорах обеспечивается скользящим слоем между плитой опоры и основанием, который способствует снижению уровня горизонтальных сейсмических воздействий на опору.

Величина этих воздействий меньше или равна силе трения между опорой и основанием. Причём известно, что сила трения при динамическом воздействии значительно меньше, чем при статическом. Устройство же скользящего слоя существенно снижает коэффициент трения бетонной плиты по основанию. При больших сейсмических воздействиях волна сейсмической подвижки основания как бы проскальзывает под плитой опоры, оставляя ее на месте. Для ограничения смещения опор от сейсмического воздействия в поперечном (по отношению к оси трубопровода) направлении предусматривается устройство ограничителей-упоров. Расстояние до упоров зависит от сейсмоопасности территории. Например, на трансаякинском нефтепроводе, где расчёт был на 8-9 баллов, предусматривалась возможность смещения по специальным поперечным металлическим рельсам порядка 6 – 7 метров.

- **снижение эксплуатационных затрат;**

• **опорные конструкции позволяют осуществлять их доставку к месту строительства, монтаж на выровненной площадке с подсыпкой,** осуществлять сварочные работы, проводить наблюдения за безопасной работой в условиях сеймики.

Отметим удобство монтажа даже в сибирских условиях. Плиты транспортируются по трассам на обычном транспорте по зимнику и устанавливаются на выровненные площадки грунта (если требуется – с подсыпкой: гравия или песка). В сейсмических районах между плитой и основанием прокладываются два слоя полимерной плёнки для создания скользящего слоя. Затем на плитах монтируются на болтах металлические козловые опоры, позволяющие обеспечить требуемую нивелировку оси трубопровода. Благодаря регулируемости опор это удобно сделать без затруднений. При этом принятие проектных установочных решений можно сделать непосредственно в полевых условиях. Затем развозятся трубы, которые укладываются на смонтированные опоры так, что опоры выполняют роль сборочно-монтажных стенов, на которых предусмотрены места для переносного сварочного аппарата и осуществления сварки торцов смежных труб. Отметим, что болтовые соединения при наборе дополнительных отверстий в стыкуемых элементах обеспечивают регулировку высоты (и уровня наклона) с точностью до сантиметра, а подвижные по опорным траверсам клиновидные элементы с двух сторон обеспечивают плотный контакт опирания трубы с опорой. Таким образом, как при монтаже, так и при эксплуатации трубопровода (даже при просадке грунта под опорой) обеспечивается надежное плотное опирание трубопровода на опоры. Прокладка трассы трубопровода может осуществляться традиционно с устройством компенсаторов и неподвижных опор. Тогда предлагаемая опора, имеющая возможность подвижки по основанию заанкеривается, например, путем устройства дополнительного заглубленного упора или с помощью свай. Другой вариант устройства трассы трубопровода – «змейкой», извилины которой гасят накапливающиеся температурные подвижки трубопровода. Отметим, что подвижки трубопровода возможны, с одной стороны, по скользящему слою между плитой и основанием (когда сдвигающая сила превосходит силу трения плиты по основанию), с другой стороны, - по тефлоновой или иной прокладке между трубой и опорными клиновидными вкладышами.

- **малочувствительны к негативным воздействиям;**

• **за счет удешевления строительства** (уменьшение земляных работ и общей трудоемкости, сборность и транспортабельность на обычном транспорте);

- **уменьшение расхода бетона;**

- **сокращение сроков строительства;**

• **важным моментом является возможность при окончательной эксплуатации подвергать демонтажу** (обычно используются опоры свайного типа, которые не поддаются демонтажу).

Так как магистральные трубопроводы создаются на ограниченный обозримый период (порядка 20-30 лет), то необходимо предусматривать в проектах возведения также и демонтаж опоры трубопроводов, а так же восстановление экологических условий среды. **не нарушается легкоранимый земляной покров северных территорий, а также температурный режим вечномерзлых грунтов.** Таким образом, сохраняются естественные свойства грунтов и обеспечивается надежность опорных устройств трубопроводов в таких сложных грунтовых условиях и это в сочетании с индустриальностью мобильностью регулируемостью в процессе строительства и эксплуатации определяет эффективность их применения.

- **давление на грунт минимально;**
- **за счет автоматического управления НДС наземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях** (слабых, просадочных, пучинистых и на вечномерзлых грунтах).

Весьма частой проблемой прочности трубопроводов является перенапряжения в трубопроводах из-за неравномерной осадки опор и разрушения металла из-за колебаний трубопроводов. Существующий способ управления НДС трубопроводов осуществляется путем регулирования осадок (перемещений опор) и активного гашения колебаний с помощью лазерных и оптических устройств.

Возможно автоматическое слежение за напряженно-деформируемым состоянием наземных магистральных трубопроводов осуществляется за счет учитывания реальных свойств наземных трубопроводов, и обработки сигналов, поступающих с тензодатчиков, установленных в опасных сечениях на компьютер с управляющей программой, выдачей управляющей программой сигналов на управляющее устройство подъема и опускания магистрального трубопровода. Выполнение исполнительных механизмов в виде регулируемых опор, совмещенных с фундаментной плитой, что позволяет укладывать магистральные наземные трубопроводы в сложных грунтовых условиях, на вечномерзлых грунтах и в сейсмических зонах за счет большой площади фундаментной плиты, ее конструкции. Регулируемые опоры, совмещенные с фундаментной плитой, снабжены подъемными устройствами, позволяющими при определении напряженно-деформируемого состояния наземного трубопровода производить его медленное опускание или подъем;

- **магистральные трубопроводы на опорах защищены от действия ветровых нагрузок**, что позволяет обеспечить предварительное напряжение трубопровода на рискованных участках, ужесточить конструкцию, изменить форму и частоту собственных колебаний и воспрепятствовать негативному воздействию.

Литература:

1. Абовский, Н.П. Строительство в северных нефтегазоносных районах Красноярского края. КрасГАСА, Красноярск 2005 – 228 с.

2. Пат. № 2246657. Российская Федерация. Опора надземного трубопровода / Абовский Н.П., Майстренко Г.Ф., Федоренко Л.Д., Абовская С.Н., Сапкалов В.И. опубл. 2005. БИ № 5.

3. Пат.41829. Российская Федерация. Регулируемая опора надземного трубопровода для строительства в сложных грунтовых условиях / Абовский Н.П., Майстренко Г.Ф., Сапкалов В.И., Матюшенко В.А.. опубл. 2004. БИ № 31.

4. Пат.49251. Российская Федерация. Устройство слежения и управления напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П. Опубл. 2005. БИ № 31.

5. Пат. 53008. Российская Федерация. Устройство автоматического слежения напряженно-деформируемым состоянием надземных магистральных трубопроводов, проложенных в сложных грунтовых условиях и в сейсмических зонах с помощью оптических устройств / Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П./ опубл. 2006. БИ № 12.

6. Пат. 60669 Российская Федерация. Регулируемая опора для монтажа и сварки магистральных трубопроводов /Абовский Н.П., Сапкалов В.И., Романов А.П. Опубл. 2007. БИ № 3.

7. Заявка 2010108557/06 на патент Российской Федерации. Надземный трубопровод повышенной надежности / Абовский Н.П., Палагушкин В.И., Сапкалов В.И. 2009 г.

8.

8. Пат. 2122188. Российская Федерация. Способ автоматического управления несущей способностью многопролетной неразрезной балки и устройство для его реализации /Абовский Н.П., Бабанин Б.В., Смолянинова Л.Г. Опубл. 1998. БИ 32.

Аннотация

Предложена новая конструкция опор под надземные трубопроводы, которая предусматривает эффективность и технологические удобства на весь период жизненного цикла трубопроводов и при строительстве в сложных условиях и сейсмичности от изготовления, транспортировки, монтажа, эксплуатации, слежения за надежностью и демонтажа без привлечения тяжелой техники при максимальном сохранении экологической обстановки.

*Почетный член РАН., д.т.н., профессор Абовский Н.П.
к.т.н., доцент Палагушкин В.И.
магистрант ИГУРЭ СФУ (г. Красноярск) Корнеевец Е.С.*

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ И СЕЙСМИЧНОСТИ

Отмечаются недостатки традиционного фундаментостроения в сложных грунтовых условиях. В качестве альтернативы предлагается применение нового типа фундамента в виде пространственных фундаментных платформ для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях и сейсмичности. Приводятся результаты исследования пространственной фундаментной платформы под деревянное жилое здание на слабых грунтах и в случае локальных просадок основания в различных местах платформы.

Disadvantages of traditional building of the foundation in difficult soil conditions are specified. In the article offered new foundation type in the form of spatial base platforms for low rise building in difficult soil conditions and seismicity alternatively. Results of research of a spatial base platform under a wooden residential building on weak grounds and in case of local a basis procorf in various places of a platform are resulted.

Существуют проблемы фундаментостроения в сложных грунтовых условиях, в частности при строительстве легких малоэтажных домов.

Традиционные способы устройства фундаментов трудоемки и затратны, не всегда обеспечивают надежность эксплуатации. Они базируются, как правило, не на использовании естественных несущих свойств слабых грунтов, а на пренебрежении ими и создании искусственных условий путем упрочнения грунтов на большую глубину или применении свайных оснований, требующих привлечения тяжелой техники и выполнения большого объема земляных работ. При этом часто нарушается естественно сложившаяся экологическая ситуация, в том числе гидрогеологический и тепловлажностный режим грунтов и возникают трудно предсказуемые нежелательные последствия.

Решением этих проблем предлагается применение нового типа фундамента в виде пространственных фундаментных платформ.

Пространственная фундаментная платформа (ПФП) – монолитная или сборная система, состоящая из верхней и нижней плиты, объединенная между собой системой перекрестных ребер [1, 2, 3,4].

Проводились исследования напряженно-деформированного состояния пространственной фундаментной платформы под деревянное жилое здание из рамнопанельных блок-секций на слабых, неоднородных грунтах и в случае локальных просадок грунта. Компьютерное моделирование производилось в программе SCAD по схеме «основание-фундамент-верхнее строение».

Расчетная модель ПФП представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из верхних и нижних плит, объединенных между собой перекрестной системой ребер.

Принят тип конечных элементов – прямоугольные КЭ оболочки.

Упругое основание достигается путем задания для нижней плиты коэффициента постели (коэффициента упругого основания), значение которого принимаем в зависимости от вида грунта

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

- При уменьшении коэффициента постели в 10 раз (с 1000 до 100 т/м³) увеличение максимальных напряжений в верхней и нижней плите (под стенами) составляет не более 20%, в других местах изменения незначительны. Ошибка в определении коэффициента постели (что соответствует реальным условиям проведения геологических изысканий) несущественно влияет на НДС ПФП и ее конструирование.

- Усилия в ПФП на неоднородном грунте (коэффициент постели 500 т/м³ и 300 т/м³ в различных местах платформы) по сравнению с усилиями ПФП на однородном (коэффициент постели 500 т/м³) меняются не более чем на 15%, что доказывает возможность применения ПФП на неоднородном основании.

- Ослабление отпора грунта в средней зоне (2x2м) практически не привело к изменению НДС. Это означает возможность устройства подвальных помещений и устройство люков для связи с этим повалами. Более опасным является ослабление грунта в угловой зоне (2x2м) и в месте приложения наибольшей нагрузки. Эти аварийные ситуации, а именно локальные ослабления не приводят к существенным глобальным нарушениям верхнего строения. Анализируя проведенный компьютерный эксперимент можно сделать вывод, что ПФП может быть применима на просадочных грунтах.

Эти выводы объясняются высокой жесткостью и распределительной способностью.

Данная разработка имеет опыт экспериментального строительства, с применением монолитной ПФП возведено семь промышленных и административных объектов [5, 6]:

- Административно-бытовой корпус (АБК) и склад строительной техники на бывшей многолетней свалке в нынешней черте города;
- Трансформаторная подстанция в пределах пойменной террасы р. Кача на подтапливаемых территориях;

- Полуподземный гараж-стоянка легковых автомобилей в стесненных городских условиях;
- Склад инертных материалов и др.

Снижение стоимости одного квадратного метра площади при этом составило 10-12%.

Применение ПФП дает высокий экономический эффект вследствие невысокой стоимости «неудобных» земель; снижение объемов инженерно-геологических изысканий; упрощение производства строительных работ: сокращение сроков строительства (до 30%) без привлечения тяжелой техники и больших земельных работ, привлечение небольшого числа рабочих, экономия материалов (бетона и железобетона на 25%), всесезонность. Также экономический эффект обеспечивается совмещением конструктивных и эксплуатационных функций: несущей конструкции пола, снижением теплопотерь в процессе эксплуатации на 15-20% при утеплении ПФП засыпкой пазух.

При использовании пространственных фундаментных платформ конструкции зданий становятся малочувствительны к разнообразию и неоднородности свойств основания при просадке или выпучивании грунта, на подтапливаемых территориях.

В сейсмически активных районах эффективность применения ПФП обеспечивается устройством скользящего слоя. Скользящий слой располагается между основанием и ПФП, тем самым снижает горизонтальные сейсмические воздействия [7].

Основными принципами, на основе которых были осуществлены разработки новых конструктивных решений ПФП для малоэтажного строительства в сложных грунтовых условиях являются принцип сохранения и использования несущих свойств слабых грунтов, активного формирования конструкций, малочувствительных к неравномерным осадкам и просадкам основания, совмещение и конструктивных и эксплуатационных функций, максимального сохранения экологических условий.

Применение разработанных пространственных платформ при строительстве в сложных грунтовых условиях позволит снизить стоимость одного квадратного метра жилья, использовать малоудобные территории для строительства территории, соблюдая при этом экологические условия.

Литература:

1. Монолитная пространственная фундаментная платформа: пат. 45410 Рос. Федерация № 2004107322/ Абовский Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И. заявл. 8.12.2004, опубл. 8.10.2005, Бюл. №13.

2. Пространственная фундаментная платформа под здания и сооружения для строительства на слабых, просадочных, пучинистых грунтах и в сейсмических зонах: пат. 64650 Рос. Федерация №2007110056/ Абовский

Н.П., Андреев Н.П., Сиделев В.А., Сапкалов В.И., заявл. 19.03.2007, опубл. 10.07.07, Бюл. № 19.

3. Пространственная фундаментная платформа на скользящем слое: пат. 2374394 Рос. Федерация № 2008130451/ Абовский Н.П., Максимова О.М., Марчук Н.И., заявл. 22.07.2008, опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33.

4. Пространственная железобетонная платформа с сборным и сборно-монолитном вариантах под малоэтажное строительство в сложных грунтовых условиях и сейсмике: пат. 69094 Рос. Федерация №2007116526/ Абовский Н.П., Сиделев В.А., Желтов В.И., Сапкалов В.И., Корнеевец Е.С., Мутовина Е.А., заявл. 2.05.2007, опубл. 12.12.2007, Бюл. № 34.

5. Абовский Н.П. Пространственные сборные сплошные фундаментные платформы для строительства в особых грунтовых условиях и сейсмичности/научное издание. – Красноярск, КрасГАСА, - 2004, 202с.

6. Пространственные фундаментные платформы: сборник научных работ – Красноярск. КрасГАСА, - 2006, 189с.

7. Конструктивная сейсмобезопасность зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях: препринт/ под ред. Н.П. Абовского – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2009. -. 186с.