

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**на диссертационную работу Михаила Александровича Тюрина
«Разработка расчетной модели колебаний фундаментов
газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов в
условиях грунтов Ямала и Восточной Сибири», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 25.00.19 «Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ» (технические науки)**

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время основными стратегическими регионами добычи газа для ПАО «Газпром» являются полуостров Ямал, Восточная Сибирь, Дальний Восток и континентальный шельф России.

Освоение месторождений в данных регионах осложняется особо сложными природно-климатическими условиями и, зачастую, отсутствием развитой инфраструктуры. Так, например, для полуострова Ямал характерны засоленные многолетнемерзлые грунты, взаимодействие которых со сложными инженерными сооружениями в условиях переменных нагрузок и воздействий достаточно слабо изучено.

Одним из наименее изученных аспектов эксплуатации объектов добычи газа и транспорта в таких условиях является взаимодействие фундаментов инженерных сооружений с грунтом: большинство исследований носит чисто эмпирический характер, применение их результатов при проектировании новых объектов не всегда позволяет достичь положительных результатов, что наглядно подтверждают распространенные случаи непроектного изменения пространственного положения таких конструкций.

Исходя из изложенного, тема диссертационной работы М.А. Тюрина видится актуальной.

Содержание работы

Представленная на отзыв диссертационная работа Михаила Александровича Тюрина состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 120 наименований. Диссертация изложена на 146 страницах, содержит 68 рисунков и 40 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, изложены основная цель и задачи работы, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, показаны использованные методы исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту диссертации, обоснована степень достоверности полученных результатов, приведены сведения об апробации и публикациях автора по теме диссертации.

В первой главе приведен обзор особенностей грунтов Ямала и Восточной Сибири, в котором рассмотрены результаты опытных исследований изменения механических характеристик грунтов при различной температуре.

В первой части главы (разделы с первого по четвертый) рассмотрены общие требования к проектированию фундаментов газоперекачивающих агрегатов (ГПА), изложенные в строительных нормах. Показано, что имеющийся опыт эксплуатации ГПА с массивными фундаментами свидетельствует о возникновении осадок фундаментов даже при условии полного соблюдения данных норм. В качестве обоснования приведены результаты натурных исследований подвижек фундаментов дожимной компрессорной станции ДКС-6 Медвежьего месторождения. Выполнен обзор требований различных нормативных документов к величине предельных перемещений фундаментов ГПА.

В пятом разделе данной главы приводится общепринятая методика расчета колебаний фундаментов, основанная на вычислении амплитуд вынужденных колебаний твердого тела на упругом основании.

В шестом разделе приводятся проектные данные, необходимые для расчета динамических нагрузок, возникающих при эксплуатации ГПА различных моделей и типов, а также максимальные допустимые нагрузки на центробежный нагнетатель (ЦБН), указанные в документации изготовителей данных ГПА.

В седьмом разделе описывается подход к оценке механических характеристик основания фундаментов, установленный СП 26.13330.2012 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками».

В восьмом разделе приводится сравнение расчетных методик оценки амплитуд колебаний с учетом затухания колебаний, приведенных в различных источниках. В девятом разделе описывается известная методика учета внутреннего трения в грунтах различными параметрами.

В десятом разделе автором, на основании изложенного ранее, делается вывод о наличии значительных недостатков в методике расчета фундаментов ГПА, установленной нормативной документацией.

В одиннадцатом разделе главы сформулированы цель и задачи исследования

В заключительном - двенадцатом разделе главы сформулированы основные выводы по главе.

Во второй главе приводится описание предложенной автором математической модели механической системы «ГПА-фундамент-основание», используемой для оценки колебаний фундаментов ГПА.

Для моделирования взаимодействия свайного фундамента и грунтового основания в данной модели используется широко известная модель винклеровского основания. Для оценки перемещений грунтового основания – решение пространственной задачи, полученное Р. Миндлином в середине прошлого века. Для оценки сопротивления упругим колебаниям предлагается

использовать средневзвешенный модуль затухания колебаний неоднородного грунтового основания $\Phi_{го}$.

По результатам обработки имеющихся опытных данных автором приводится частная двухпараметрическая зависимость сопротивления грунтового основания от частоты колебаний и модуля деформации грунта.

Для оценки уровня динамических нагрузок в разработанной автором модели предлагается использовать принцип суперпозиции при сложении моментов от сил инерции, возникающих вследствие дисбаланса роторов. Выполняется сравнение расчета усилий по предложенной методике и по методике СП 26.13330.2012. Делается вывод о целесообразности представления производителем ГПА данных о фактическом дисбалансе роторов.

Кроме того, расчетным путем показывается влияние на амплитуду колебаний фундаментов многороторных машин различных по величине угловых скоростей вращения роторов при их одновременной работе.

В *третьей главе* описываются экспериментальные исследования колебаний фундамента ГПА-25 Урал на КС-4 «Воркутинская», выполненные с помощью виброметра TV300 на трех точках фундамента ГПА.

Для оценки возможности практического применения модели, предложенной в главе 2, выполняется расчет вибраций фундамента ГПА-25 «Урал» по строительным нормам, а также по методике, использующей предложенную автором модель, после чего результаты расчета сравниваются с экспериментальными исследованиями. На основании оценки их сходимости делаются соответствующие выводы.

В *четвертой главе* автором описываются рекомендации по обеспечению нормальной эксплуатации фундаментов, предлагается расчетный критерий отнесения фундаментов к массивным.

Во второй части главы автором выполняется численное моделирование амплитудно-частотных характеристик фундаментов с использованием предложенной модели на примере легкого фундамента ГПА-25 на ГП2 Бованенковского НГКМ, при трех различных вариантах свойств грунтового основания.

На основании расчета показывается влияние массы грунтового основания на амплитудно-частотные характеристики фундамента, вычисляются размеры грунтового основания, влияющего на фундамент. Сравниваются полученные расчетом характеристики массивного и легких фундаментов ГПА-25. Показывается расчетное изменение амплитудно-частотных характеристик при различной величине засыпки надземной поверхности фундамента.

В *заключении* сформулированы основные выводы по работе.

Научная новизна

Основная часть научной новизны работы заключается в том, что автором предложена оригинальная методика расчета амплитудно-частотных

характеристик свайных фундаментов, учитывающая влияние неоднородности грунтового основания.

Получены и проанализированы результаты экспериментальных исследований вибрации ГПА на КС-4 «Воркутинская», эксплуатируемой в уникальных природно-климатических условиях.

Предложен оригинальный критерий отнесения свайных фундаментов к массивным.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность

Обоснованность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается достаточной обоснованностью большинства принимаемых автором предположений и допущений, корректностью используемых расчетных и экспериментальных методов. Результаты расчетов и экспериментальные данные обрабатывались с применением общепризнанных методов.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

По теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации. Количество и качество опубликованных работ является достаточным для раскрытия содержания диссертации.

Практическая значимость работы

Использование при проектировании фундаментов ГПА для объектов, эксплуатируемых в условиях Ямала и Восточной Сибири методики расчета, учитывающей влияние неоднородности на амплитудно-частотные характеристики, имеет безусловную практическую значимость.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания и пожелания:

1) Автором в формулах по тексту диссертации применяются одинаковые обозначения для абсолютно разных величин, иногда отличающиеся только подстрочным индексом, что затрудняет понимание работы.

Так, например, в формуле 1.11 под γ автором понимается коэффициент надежности по нагрузке, в разделе 1.9 – «коэффициент внутреннего трения», в разделе 2.1 – параметр сопротивления упругим колебаниям системы «ГПА-фундамент-грунтового основание», в формулах 2.27 – 2.29 – γ с различными индексами - угловые деформации и т.д.

2) В описании формулы 1.11 показано, что « $\gamma_f=1$ », при этом в таблице 1.6 значение данной величины для всех частот вращения указано равным 4, при этом в таблице 3.4 – $\gamma_f=1$.

3) В формулировке третьей задачи исследования, по моему мнению, корректнее использовать термин «критерий» вместо «показатель».

4) Изложенная в диссертации «усовершенствованная расчетная модель системы ГПА-фундамент-грунтовое основание», позволяет учесть неоднородность механических свойств грунтового основания при оценке амплитудно-частотных характеристик объектов. Вместе с тем, автором в работе не приводится обоснование целесообразности такого подхода при наличии современных численных методов решения тех же задач строительной механики (МКЭ, МКР и др.), а также широко применяемых программных средств, позволяющих достаточно точно решить эти задачи с учетом неоднородности характеристик грунта.

5) В разделе 2.2 упоминается, что выполнении условия, при котором глубина сваи меньше отношения π/β , где β – коэффициент относительной жесткости основания, необходимо применение других расчетных методов, например метода конечных разностей. При этом правомерность данного условия никак не обоснована.

6) В предлагаемой расчетной модели предлагается использование средневзвешенного значения модуля затухания колебаний для неоднородного основания. При этом обоснованность использования именно средневзвешенного арифметического значения для данной величины в работе не показана и никак не поясняется.

7) В тексте работы отмечены опечатки и пунктуационные ошибки.

Указанные замечания, по моему мнению, не снижают актуальность исследования, ее научную новизну и практическую значимость.

Заключение

Диссертационная работа М.А. Тюрина на тему: «Разработка расчетной модели колебаний фундаментов газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов в условиях грунтов Ямала и Восточной Сибири», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой приведены решения актуальных задач, направленных на обеспечение надежной и эффективной эксплуатации Единой системы газоснабжения Российской Федерации.

Рассматриваемая диссертационная работа является законченным, самостоятельно выполненным автором научно-исследовательским трудом. Научный уровень диссертации удовлетворяет установленным критериям. Содержание диссертационной работы соответствует специальности и свидетельствует о высоком научном уровне проведенных в ней исследований. Содержание автореферата полностью соответствует основным идеям и выводам диссертации, а опубликованные по теме диссертации работы отражают отдельные выводы, представленные в диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, и профилю диссертационного совета Д 511.001.03, а ее автор, Михаил Александрович Тюрин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.19. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» (технические науки).

**Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
Заместитель главного инженера
АО «Газпром оргэнергогаз»**

Д.М. Ляпичев

Подпись Д.М. Ляпичева заверяю

Копальник отдела

Ляпичев Дмитрий Михайлович
АО «Газпром оргэнергогаз»
115304, г. Москва, ул. Луганская, д. 11
+7(495)355-93-53
oeg@oeg.gazprom.ru
<http://orgenergogaz.gazprom.ru/>