

## Секция 5. СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ. ПОДВИЖНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.646

Ю.И. Молев, И.А. Тютнев, В.Н. Худяков

### РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО КРИТЕРИЮ ОПАСНОСТИ ВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И СОДЕРЖАНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРОКИДЫВАНИЯ ТРУБОУКЛАДЧИКОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований, посвящённых реологическим свойствам опорных оснований, влияющих на безопасность ведения работ по ремонту и содержанию трубопроводов. Представлены результаты моделирования, погружения движителей трубоукладчиков во время выполнения ими технологических операций, а также проанализированы основные типы болот на территории Российской Федерации.

*Ключевые слова:* трубоукладчик, масса, грузоподъёмность, удельное давление, глубина погружения.

Широкое применение трубопроводного транспорта обусловлено: возможностью повсеместной укладки трубопровода; низкой себестоимостью транспортировки; сохранностью перемещения благодаря полной герметизации трубы; полной автоматизацией операций по наливу, перекачке, транспортировке и сливу; малочисленностью персонала; непрерывностью процесса перекачки; отсутствием отрицательного воздействия на окружающую среду.

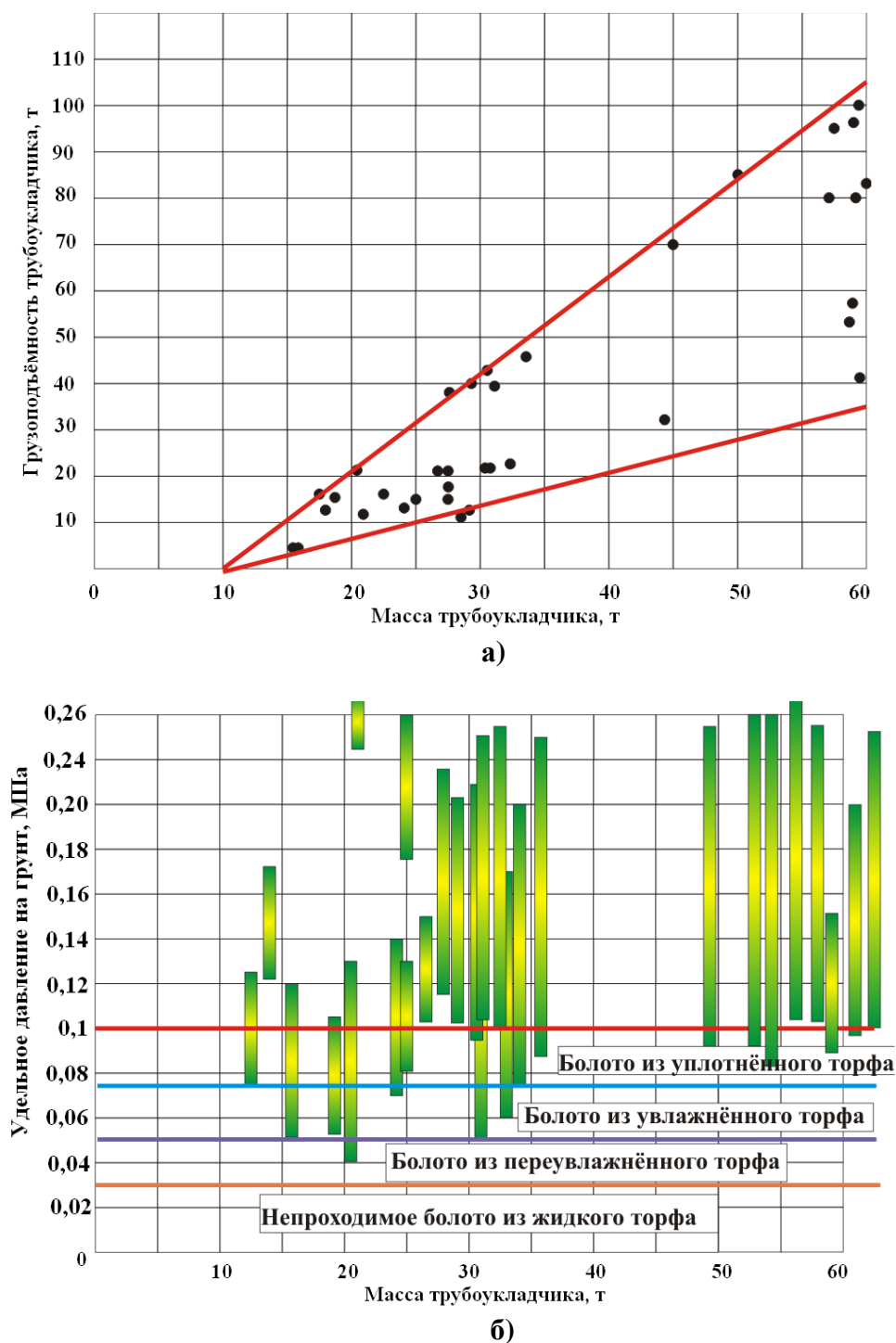
В связи с освоением нефтяных месторождений Сибири и Севера европейской части страны значительное количество нефтепроводов больших диаметров проходит по болотистой местности, отличительной особенностью которых является ползучесть опорного основания, приводящая к опрокидыванию работающей техники во время выполнения технологических операций. Совершенствование конструкций трубоукладчиков, обеспечивающих устойчивость машин при выполнении всего цикла работ по подъёму, удержанию и опусканию трубопровода на болотистой местности – актуальная научная задача.

Существующие нормативные документы по ведению аварийно-восстановительных работ на магистральных нефтепроводах в условиях болот не предусматривают предварительного определения несущей способности болот. Поэтому возникают дополнительные трудности при принятии решения о возможности использования болотоходной техники или выборе способа повышения несущей способности поверхности болота для доставки техники и ремонтной бригады к месту аварии. При проведении анализа конструкций трубоукладчиков на одной системе координат авторами были наложены собственные массы трубоукладчиков и их грузоподъёмность и удельное давление на опорную поверхность (рис. 1).

Аппроксимируем зависимость между данными параметрами трубоукладчиков

$$P_T = K1M \rightarrow M = \frac{P_T}{K1}, \quad (1)$$

где  $K1$  – параметр, равный 1,66, получим величину нагрузки на опорное основание от движителя трубоукладчика;  $M$  – масса трубоукладчика;  $P_T$  – его грузоподъёмность.



**Рис. 1. Технические параметры применяемых в настоящее время трубоукладчиков:**

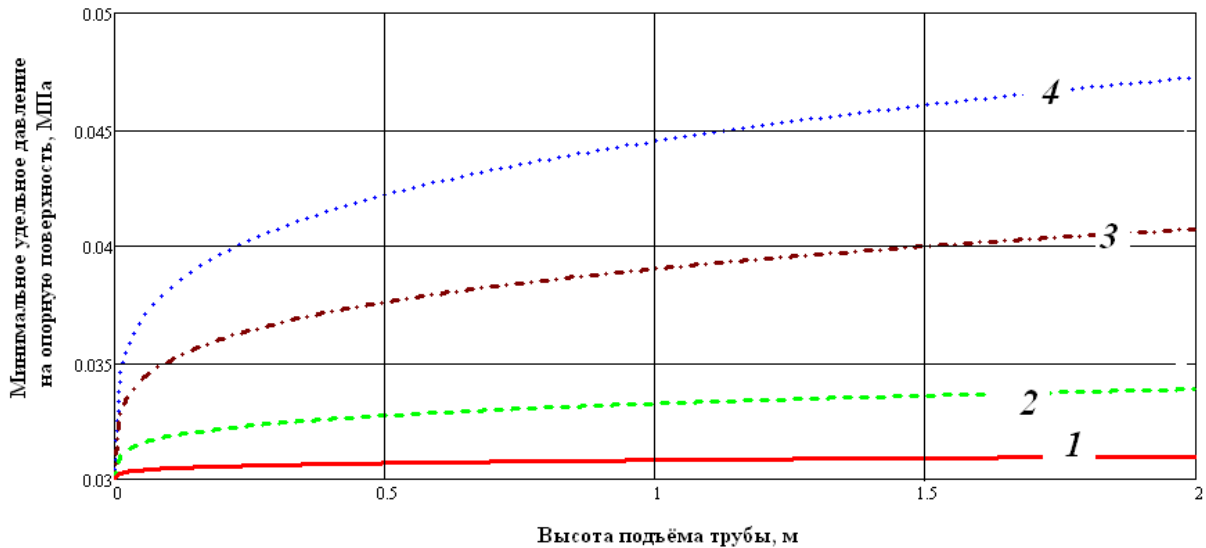
*a* - зависимость грузоподъёмности машины от её массы);

*б* - зависимость удельного давления на грунт от массы машины

Аппроксимируя зависимость между минимальным удельным давлением на опорное основание от грузоподъёмности трубоукладчика (рис. 1, б), получим уравнение вида

$$Q_T = Q_0 + K_2 M, \quad (2)$$

где  $Q_0$  – базовая величина удельного давления для трубоукладчиков, равная 0,03 МПа;  $K_2$  – параметр взаимосвязи между ростом массы трубоукладчика и его удельным давлением на опорное основание, равный 0,0012 МПа/т.



**Рис. 2. Зависимость минимальной удельной нагрузки на опорное основание от необходимой высоты подъема трубопровода;**

1 – для диаметра 560 мм; 2 – для диаметра 720 мм; 3 – для диаметра 1200 мм;  
4 – для диаметра 1400 мм

Принимая за необходимую технологическую высоту подъема трубы величину 0,5–1,0 м, можно получить величину статического погружения движителя в опорное основание в зависимости от несущей способности болота. Решение данной зависимости приведено в табл. 1. Основные параметры расчёта погружения за счёт реологических свойств болотных залежей приведены в табл. 2.

**Таблица 1**

**Расчёт статического погружения трубокладчиков при выполнении технологических операций**

Вид болота	Сопротивление торфа при сжатии $A_0$ , МПа	Технологическая нагрузка $\tau$ , МПа	P/P0	Статическая глубина погружения $h$ , м
Травянисто-древесное	0,09	0,035-0,045	0,4-0,5	0,03-0,04
Сфанговое	0,07	0,035-0,045	0,5-0,65	0,035-0,05
Древесно-осоковое	0,055	0,035-0,045	0,65-0,82	0,05-0,085
Осоковое	0,012	0,035-0,045	2,9-3,75	-

**Таблица 2**

**Расчёт статического погружения трубокладчиков при выполнении технологических операций**

Вид болота	Сопротивление торфа при сжатии $A_0$ , МПа	Технологическая нагрузка $\tau$ , МПа	$\Delta\tau$ , МПа	Динамический фактор погружения $dh/dt$ , м/с
Травянисто-древесное	0,09	0,035-0,045	0,045-0,055	0,000045-0,000055
Сфанговое	0,07	0,035-0,045	0,025-0,035	0,000075-0,000100
Древесно-осоковое	0,055	0,035-0,045	0,010-0,020	0,00010-0,00020
Осоковое	0,012	0,035-0,045	-	-

Рассматривая циклограмму нагрузки на крюке трубоукладчика по видам работ, не трудно убедиться в том, что при максимальной продолжительности технологического процесса, характерного для ручной сварки трубопроводов, дополнительное погружение в грунт может достигнуть величины 0,1–0,2 м для древесно-осоковых болот, 0,08–0,12 м для сфагновых и 0,07–0,08 м для травянисто-древесных болот.

Полученные данные свидетельствуют о том, что погружение трубоукладчиков в опорное основание в виде болот состоит из статической и динамической составляющей. Причём для болот всех типов, за исключением осоковых, глубина динамического погружения при выполнении технологической операции, связанной с ручной сваркой трубопровода или проведением работ по его ремонту, более двух раз превышает статическое погружение. Таким образом, возникает реальная опасность опрокидывания трубоукладчиков практически на всех видах болот, за исключением осокового, на котором трубоукладчики могут работать только в условиях сооружения подъездных путей различного типа.

Таким образом, по степени опасности выполнения работ с точки зрения опрокидывания трубоукладчиков можно территорию РФ разделить на следующие районы.

В тундрах и лесотундрах Европейского севера РФ и Сибири болота практически отсутствуют, где они встречаются – это заболоченные поймы основных северных рек, впадающих в Северный ледовитый океан. Данные типы болот представляют собой опорные основания с низкой несущей способностью, поэтому, как было отмечено, после создания подъездных путей к трассе трубопровода вероятность опрокидывания трубоукладчика становится минимальной.

В северной торфяно-болотной области площадь болот составляет около 10% территории. Верховые грядово-мочажинные болота в Вологодской и Архангельской областях и республике Коми, составляющие 50% торфяного фонда, представляют наибольшую опасность для проведения работ. Среди низинных болот преобладают безлесные, покрывающие сплошь водоразделы больших рек, и опасности с точки зрения опрокидывания не представляют.

В Западной области преобладают верховые болота крупных размеров. Характерно наличие сапропеля. Часто в основании верховой залежи сформированы низинные торфы. Низинных болот немного. В средней полосе заболоченность сокращается до 15-10% и появляются разнотипные притеррасные торфяные болота средних размеров. Данная область наиболее опасна с точки зрения опрокидывания трубоукладчиков.

В средней болотной области имеет место широкое разнообразие типов болот. Так, осоковые болота с низкой несущей способностью составляют всего около 6%, а в Мещерской низменности их объём доходит до 65%. Данный район следует отнести к местам, в которых велика опасность опрокидывания трубоукладчиков.

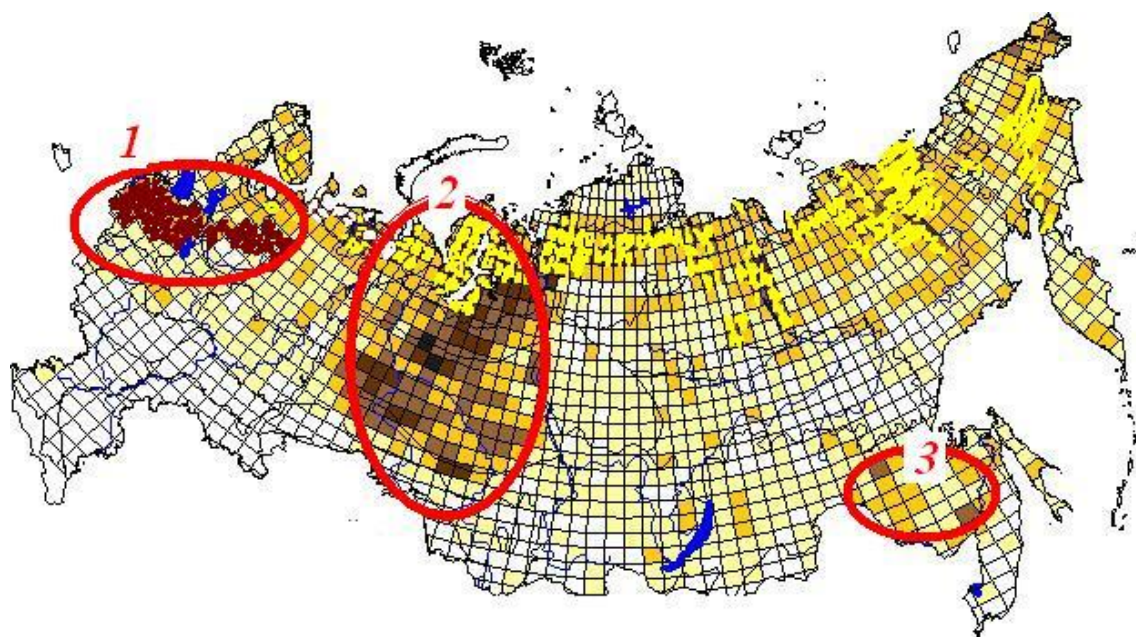
В южных и юго-восточных районах заболоченность снижается до 0,5%, преобладают низинные пойменные болота малых размеров вытянутой формы, часто с мощным верхним минеральным наносом. Условия для развития болот неблагоприятны. Небольшие низинные болота встречаются в долине р. Донца. Обширные болотистые пространства – плавни – характерны для нижнего течения Кубани, Волги и их дельт. В данной местности проблемой является обеспечение подвода техники к месту выполнения работ, а не безопасность их проведения.

Заболоченность Северного Урала исследована слабо. На Приполярном Урале болота заполняют депрессии среди ледниковых и флювиогляциальных отложений. Заторфованность западного склона Среднего Урала невелика. В южной части Среднего Урала, где Уральский хребет сильно сужается и граничит с лесостепью, преобладают небольшие низинные болота. На Южном Урале крупные низинные болота приурочены к понижениям между пологими горными склонами, питающими болота грунтовыми и поверхностными водами. Изложенное позволяет сделать вывод о том, что Уральский регион опасности для проведения работ по ремонту и содержанию трубопроводов не представляет.

Западно-Сибирская низменность – единая физико-географическая область, состоящая из двух плоских чашеобразных впадин, между которыми раскинулись вытянутые в широтном направлении возвышенности. Для неё характерна сильная заболоченность. В Западной Сибири площадь болот достигает 32 538 тыс. га, причем половина болот – верховые. В этом регионе широко распространены полигональные, плоско- и крупнобугристые и олиготрофные сфагновые болота. Они занимают преобладающую часть междуречных пространств и располагаются как в пониженных участках, так и на водоразделах. Объем воды в болотных торфяниках Западной Сибири составляет 994 км<sup>3</sup>. В несвязной с торфом форме он оценен в 218 км<sup>3</sup> (примерно 22% от общего объема). Данная зона является наиболее трудной для ремонта и содержания трубопроводов, в том числе и в связи с высокой вероятностью возможности опрокидывания машин. На севере Западно-Сибирской низменности, в зоне арктических тундр, заболочено почти 50% площади, но мощность торфяного слоя не превышает нескольких сантиметров, поэтому вероятность опрокидывания при работах в данной местности крайне низка.

Характерной особенностью болот Восточной Сибири является то, что это область вечной мерзлоты. Несмотря на то, что данная местность сильно заболочена, залежи торфа скованы мерзлотой и оттаивают на небольшую глубину. Площади болот незначительны. Опасности при проведении работ с точки зрения опрокидывания не представляют.

Приамурская болотная область охватывает верхнее и среднее течение р. Амура в пределах Амурской области. Здесь широко развита густая речная сеть – система притоков Амура. Слой мерзлоты препятствует просачиванию вглубь атмосферных осадков, способствует переувлажнению поверхностного слоя и заболачиванию территории таежной зоны. Верховые торфяные болота распространены в таежной и лесостепной зонах, занимая две трети площади, или около 100 тыс. км<sup>2</sup>. Самые крупные верховые массивы сосредоточены в Верхнезейской котловине и в бассейне Верхней Томи. Между ними сформированы переходные болота. Низинные болота распространены на 1/3 территории и приурочены к Зейско-Буреинской равнине, междуречью Бурей и Архары, предгорьям Малого Хингана, бассейну Средней Зеи и Верхнего Амура, к низким и высоким террасам рек. Общая заболоченность велика, в пойме Нижнего Амура болота встречаются в комплексе с плавнями.



**Рис. 2.9. Районирование территории Российской Федерации с точки зрения опасности проведения работ трубоукладчиками:**

1, 2 и 3 – зоны повышенной опасности при проведении работ

Общий анализ состояния опорных поверхностей с точки зрения безопасности выполнения работ трубоукладчиков показан на рис. 3. Полученные данные позволили чётко определить три зоны с ярковыраженной опасностью опрокидывания трубоукладчиков, при выполнении ими технологических операций. К ним относятся Северо-Западный район Европейской части РФ, Западно - Сибирская низменность и Приамурская область. Проведение работ по ремонту и содержанию трубопроводов в этих районах требует применения специальных мер, обеспечивающих устойчивость трубоукладчиков при проведении строительных и ремонтных работ.

#### Библиографический список

1. **Беляков, В.В.** Выбор рациональных параметров движителя машин для ремонта трубопроводов / В.В. Беляков, У.Ш. Вахидов, И.А. Тютнев // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2011. №1. С. 64–66.
2. **Богачёв, Д.В.** Рекомендации по выбору типа движителя машин для ремонта и содержания трубопроводов./ Д.В. Богачёв, У.Ш. Вахидов, И.А. Тютнев // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2011. № 4. С. 64–66.
3. Особенности использования трубоукладчиков на заболоченных грунтах / А.В. Артюшкин [и др.] // Строительные и дорожные машины. 2012. № 7. С. 36–39.

*Дата поступления  
в редакцию 20.09.2014*

**Y.I. Molev, P.A. Tutnev, V.N. Khudyakov**

#### **ZONING OF THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION ACCORDING TO THE CRITERION OF DANGER WORK ON THE REPAIR AND MAINTENANCE OF PIPING FROM THE POINT OF VIEW OF THE POSSIBILITY OF OVERTURNING PIPELAYERS**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

**Purpose:** Safety improvement works associated with the repair and maintenance of pipelines.

**Design/methodology/approach:** statistical analysis of data on the rheological properties of different wetlands.

**Findings:** zoning mire types according to the degree of danger of falling pipelayers.

**Research limitations/implications:** improving the safety of operations by improving technology use pipelayers.

**Originality/value:** first proposed and implemented a method of evaluating the risk of marshland from the point of view of additional dive propulsion pipelayers during the execution of manufacturing operations, Assessed the unevenness of the dive and the possibility of creating additional overturning moment..

*Key words:* pipelayer, weight, capacity, specific pressure, depth.