

НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 629.3

В.Н. Худяков, И.А. Тютнев, В.А. Александрович

ОСНОВЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ТРУБОУКЛАДЧИКОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТ НА БОЛОТАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Статья посвящена вопросам взаимодействия гусеничных движителей трубоукладчиков с заболоченной местностью, особенностью которой является наличие, действующего в течение долгого периода времени, грузовой момент, обусловленного необходимостью подъема трубы из траншеи при проведении работ по её обслуживанию и ремонту. Установлено, что нормальная работа трубоукладчика на болотах возможна только при применении специальных средств для повышения проходимости – опорных площадок. Получены зависимости между геометрическими размерами площадок от параметров трубоукладчиков и болот, на которых проложен трубопровод.

Ключевые слова: трубоукладчики, заболоченная местность, грузовой момент, глубина погружения, устойчивость, подвижность.

Развитие трубопроводного транспорта нефти, нефтепродукта и газа нашей страны находится на таком этапе, когда главной задачей является достижение максимальной эффективности производства и высокого качества продукции. В условиях современного производства от надежности функционирования таких сложных промышленно-транспортных комплексов, какими являются магистральные трубопроводы, во многом зависит не только плановое развитие многих отраслей народного хозяйства, но и их научно-технический прогресс.

Магистральный трубопроводный транспорт является важнейшей составляющей топливно-энергетического комплекса России. Значимость трубопроводного транспорта для Российской Федерации определяется значительной удаленностью основных месторождений нефти и газа от потребителей, а также высокой долей нефти, нефтепродуктов и газа в экспортном балансе России. В стране создана разветвленная сеть магистральных нефте- и газопроводов, нефтепродуктопроводов, которые проходят по территории большинства субъектов Российской Федерации. Объем транспортировки газа за последние годы изменялся с 483 (1994 и 2009 гг.) до 511 млн т (2011 г.). Объемы перевозки нефти также значительно увеличились с 300 (1994 г.) до 475 млн т (2009 г.) и 511 млн т (2011 г.). Транспортировка нефтепродуктов не претерпела значительных изменений по увеличению объемов и находится на уровне 30 млн т.

Одной из главных составляющих эффективного работ трубопроводного транспорта является своевременное проведение технического обслуживания и ремонта. При этом следует учитывать, что более половины работ по содержанию трубопроводов приходится на участки со сложными условиями. Под сложными условиями подразумевается прохождение трассы нефте- и газопроводов по болотистой местности, в горах, песках, районах вечной мерзлоты и с глубоким снежным покровом. Наиболее распространены болотистые и горные участки.

Особые трудности возникают при ликвидации аварий на трубопроводах в условиях болот. Это в первую очередь объясняется сложными грунтово-геологическими условиями и

слабой несущей способностью болотных грунтов. Современные аварийно-восстановительные службы могут за короткий срок ликвидировать аварию в обычных условиях. В условиях болот этот срок увеличивается за счет дополнительных работ по сооружению подъездных путей, рабочих площадок и составляет до 60 % времени, необходимого для восстановления трубопровода. В связи с освоением нефтяных месторождений Сибири и Севера европейской части страны значительное количество нефтепроводов больших диаметров (1020, 1220 мм) проходит именно по болотистой местности. Протяженность участков болот, по которым проходят нефтепроводы, составляет десятки и сотни метров, а в отдельных случаях — десятки километров.

При строительстве и ремонте магистральных трубопроводов трубоукладчики являются наиболее универсальными грузоподъемными машинами и используются практически при всех видах работ: в составе изоляционно-укладочной колонны при укладке трубопроводов в траншею, при сварочно-монтажных работах, при транспортировании, погрузке и разгрузке труб и плетей, а также при монтаже и других подъемно-транспортных работах [2].

Принципиальные отличия трубоукладчиков от других грузоподъемных машин заключаются в том, что при работе в колонне при укладке трубопровода в траншею нагрузка на крюке трубоукладчика носит переменный характер [1], так как зависит от массы и упругости приподнятого участка трубопровода, рельефа местности и согласованности действий операторов. Циклограмма стандартной работы трубоукладчиков показана на рис. 1.

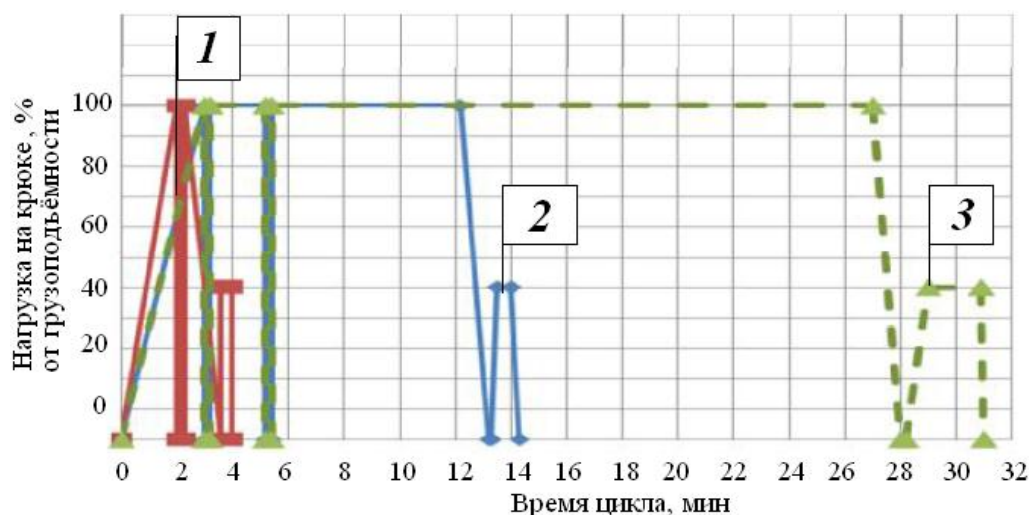


Рис. 1. Циклограмма нагрузки на крюке трубоукладчика по видам работ:
1 – погрузка-разгрузка; 2 – в колонне при применении электрической сварки;
3 – в колонне при применении ручной сварки

Наличие при работе трубоукладчика значительного грузового момента приводит к наклону трубоукладчика и опорной площадки. Перераспределение удельных нагрузок приводит к их возрастанию более, чем в пять раз [4], в связи с чем было разработано требование о недопустимости наклона опорной площадки более, чем на 0,1 рад, для опорных оснований со значением показателя степени в зависимости «нагрузка-осадка», находящимся в пределах от 0,6 до 1,2 (что соответствует основным типам болот) [4].

При работе на болотистых грунтах крутизна откосов траншей не превышает значения 1:3. В этих условиях трубоукладчики работают с предельными значениями вылета стрел (6–9 м). Учитывая, что забалластированный трубопровод имеет значительный вес, каждый трубоукладчик в колонне будет способен поднять на технологически необходимую высоту всего лишь 4–5 метров трубопровода большого диаметра.

Другими словами, даже если все трубоукладчики будут находиться вплотную друг к другу, они просто не впишутся в свои габариты, величина которых находится в пределах от 4 до 7 м. То есть имеется потребность в движении трубоукладчиков, осуществляющих мон-

таж труб большого диаметра на болотистой местности в две колонны (слева и справа от трубопровода).

Кроме того, с учетом условий и специфики проведения аварийно-восстановительных работ на магистральных нефтепроводах видно, что существующие типы трубоукладчиков не способны выполнять поставленную задачу без применения каких-либо дополнительных средств повышения проходимости. Наиболее распространённым типом таких решений в нашей стране являются сборно-разборные дорожные покрытия.

Однако требований к данным устройствам до сих пор не разработано, что значительно сужает возможность их применения в реальных условиях эксплуатации.

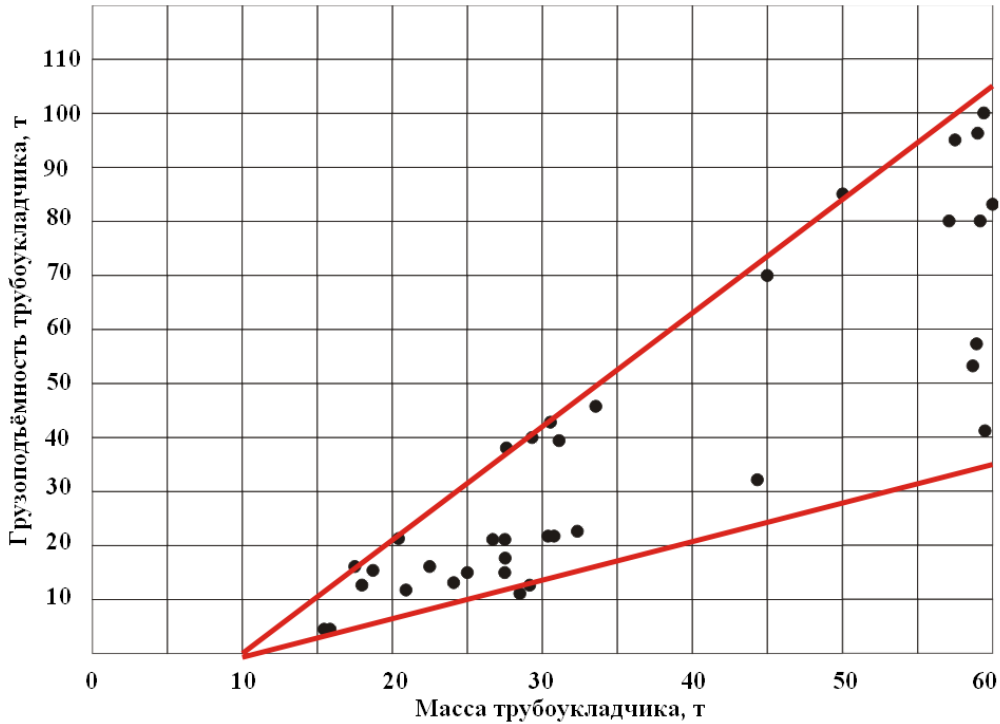


Рис. 2. Технические параметры применяемых в настоящее время трубоукладчиков

Тогда в первую очередь определим величину наклона опорной площадки от действующего опрокидывающего момента:

$$\sum F_Z = 0 \rightarrow \int_0^{L_{\Pi\Pi}} q dl = P_1 + P_2 = P_1(1+k) = L_P(A_1 L_{\Pi\Pi} + \frac{(A_2 \sin \alpha)^{A_3}}{A_3} L_{\Pi\Pi}^{A_3+1}) + C, \quad (1)$$

$$M = \frac{L_P}{2}(P_1 - P_2) = \frac{L_P}{2} P_1(1-k) \rightarrow P_1 = \frac{2M}{L_P(1-k)} \rightarrow M = \frac{L_P(A_1 L_{\Pi\Pi} + \frac{(A_2 \sin \alpha)^{A_3}}{A_3} L_{\Pi\Pi}^{A_3+1}) + C}{2(1+k)} (L_P(1-k)) \quad (2)$$

Так как углу поворота площадки α соответствует опрокидывающий момент, равный 0, то это значит, что величина коэффициента C в данном уравнении будет равняться $-L_P A_1 L_{\Pi\Pi}$, а уравнение (2) примет вид

$$M = \frac{L_P^2 \frac{(A_2 \sin \alpha)^{A_3}}{A_3} L_{\Pi\Pi}^{A_3+1}}{2(1+k)} \{1-k\}, \quad (3)$$

или

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{1}{A_2 L_{\Pi\Pi}} \sqrt[3]{\frac{2A_3(1+k)M}{L_P^2 L_{\Pi\Pi}(1-k)}} \right) \leq 0,1. \quad (4)$$

Переходя к грузоподъёмности, уравнение (4) примет вид

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{A_2 L_{\text{ПЛ}}} A_3 \sqrt{\frac{A_3(1+k)P_1}{L_P L_{\text{ПЛ}}}}\right) \leq 0,1. \quad (5)$$

Анализ уравнения (5) показал, что при выполнении технологическими операциями возможно управление только шириной площадки, так как величина L_P является колёй трубоукладчиков, её величина для разных типов машин составляет от 2,1 до 2,7 м, а величина $(1+k)P_1$ представляет собой общий вес трубоукладчика и трубы. Тогда выбор ширины настила на исследуемом опорном основании будет определяться из выражения

$$\left(\sqrt[A_3]{\frac{A_3(1+k)P_1}{L_P L_{\text{ПЛ}}^{A_3+1}}}\right) \leq 0,1 A_2 \rightarrow \left(\sqrt[A_3]{\frac{A_3(1+k)P_1}{L_P}}\right) \leq 0,1 A_2 L_{\text{ПЛ}}^{1+\frac{1}{A_3}} \rightarrow L_{\text{ПЛ}} \geq \sqrt[1+\frac{1}{A_3}]{10 \frac{\left(\sqrt[A_3]{\frac{A_3(G_{\text{ТГ}} + G_{\text{ТР}})}{L_P}}\right)}{A_2}}, \quad (6)$$

или

$$L_{\text{ПЛ}} \geq \sqrt[1+\frac{1}{A_3}]{10 \frac{\left(\sqrt[A_3]{\frac{A_3(G_{\text{ТГ}} + G_{\text{ТР}})}{L_P}}\right)}{A_2}}. \quad (7)$$

Решение данного уравнения показано на рис. 3 и рис. 4.

Полученное уравнение позволяет спроектировать опорную площадку необходимой ширины, обеспечивающей устойчивость трубоукладчика на болотах при выполнении ими технологических операций, связанных с подъёмом трубопровода.

Кроме того, решения указанного уравнения показывают, что в связи со степенной зависимостью между нагрузкой и грузоподъёмностью практически каждому типу болот соответствует своя допустимая грузоподъёмность трубоукладчиков, которая может быть найдена из уравнения

$$G_{\Sigma} \leq \left(\frac{A_3 - 0,1}{0,06}\right)^2.$$

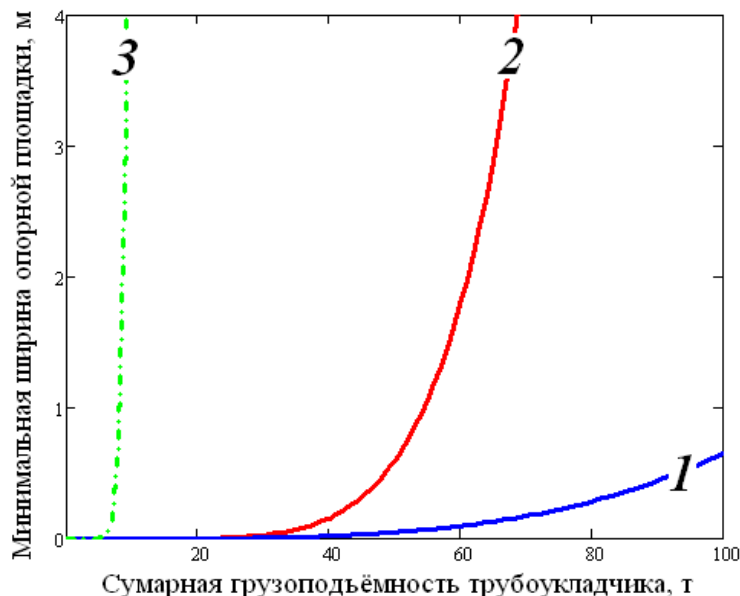


Рис. 3. Зависимость минимальной ширины опорной площадки от суммарной грузоподъёмности трубоукладчиков:

1 — для опорных оснований со значением показателя степени в зависимости «нагрузка-осадка», равным 0,75; 2 — для опорных оснований со значением показателя степени в зависимости «нагрузка-осадка», равным 0,5; 3 — для опорных оснований со значением показателя степени в зависимости «нагрузка-осадка», равным 0,33

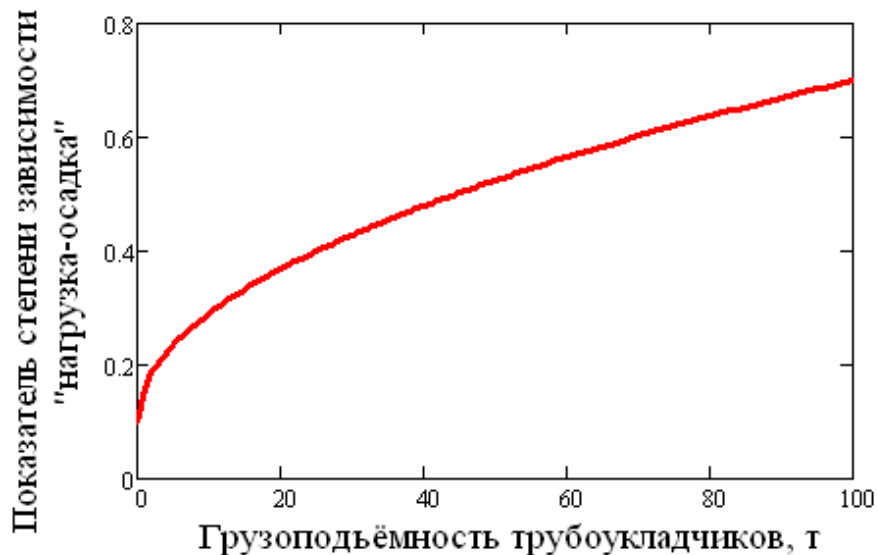


Рис. 4. Зависимость между показателями степени зависимости «нагрузка – осадка» и суммарной грузоподъёмности трубоукладчиков

Библиографический список

1. Куляшов, А.П. Нагрузки, действующие на трубоукладчики при выполнении технологического процесса / А.П. Куляшов, И.А. Тютнев // Новое в науке XXI века: межвузовский научный сборник; НГТУ. – Н.Новгород. 2010. Вып. 6. С. 148–163.
2. Баловнев, В.И. Моделирование процесса взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. – М.: Высш. шк., 1981. – 335 с.
3. Куляшов, А.П. Зимнее содержание дорог / А.П. Куляшов, Ю.И. Молев, В.А. Шапкин. – Н.Новгород, НГТУ, 2007. – 318 с.
4. Артюшкин, А.В. Особенности использования трубоукладчиков на болотах / А.В. Артюшкин, А.П.Куляшов, И.А. Тютнев // Строительные и дорожные машины. 2012. № 5.

Дата поступления
в редакцию 05.02.2013

V.N. Khudyakov, I.A. Tyutnev, V.A. Alexandrovich

OUTLINES OF SELECTIONS OF OPTIONS INTENDED TO WORK IN THE SWAMPS

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

The article deals with the interaction tracked propulsion pipe layers with marshy terrain feature is the presence of acting over a long period of time, the load moment due to the need to lift the pipe out of the trenches at work on its maintenance and repair. Found that the normal operation of pipelaying in the marshes is only possible with the use of special funds to improve cross - reference sites. Obtained dependencies between the geometric dimensions of the parameters of the pipe-laying areas and wetlands, where the pipeline is laid.

Key words: pipe layers, swampy terrain, load moment, depth, stability, mobility.