

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА СИЛУ РЕЗАНИЯ СТАРОГО ТРУБОПРОВОДА

Борейко Д.Н.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Авдеев Р.М.

*Сибирский федеральный университет*

По протяженности подземных трубопроводов Россия занимает второе место в мире после США. По оценкам специалистов МЧС России, аварийность на трубопроводах с каждым годом возрастает и в XXI век эти системы жизнеобеспечения вошли изношенными на 50-70%. Утечки из трубопроводов приносят стране огромный экономический и экологический ущерб.

В нашей стране ремонт и прокладка коммуникаций производится преимущественно открытым способом, что приводит к большим затратам средств и увеличению сроков строительства объектов, а также к необходимости разрушения дорожных покрытий и перекрытию движения. Альтернативой традиционного метода являются бестраншейные технологии, получившие в последние десятилетия широкое распространение в зарубежной и отечественной практике. Данные технологии позволяют производить до 95% ремонта трубопроводов бестраншейными методами, что позволяет существенно снизить затраты на проведение работ.

Бестраншейные технологии характеризуются высоким уровнем механизации, почти стационарным режимом работы и, в отличие от траншейного способа, меньшим объемом ручных работ. Полностью исключаются или значительно снижаются объемы земляные работы. Кроме того, бестраншейная технология позволяет отказаться от транспортных операций. Для реализации бестраншейного ремонта трубопроводов разработано большое количество способов, которые можно разделить на две основные группы: с разрушением старой трубы и без ее разрушения.

По результатам анализа состояния вопроса можно сделать вывод, что в условиях неудовлетворительного состояния трубопроводов России и при необходимости увеличения их пропускной способности целесообразно использовать способы бестраншейного ремонта трубопроводов, основанные на их замене с разрушением, это позволит восстанавливать трубы, полностью выработавшие свой ресурс и при необходимости увеличивать их диаметр.

Однако существуют и недостатки бестраншейных технологий, одним из основных является, большое усилие, прилагаемое для разрушения отработавшего трубопровода и протяжке нового, поэтому целесообразно рассмотреть возможные способы снижения сил сопротивления. Одним из вариантов интенсификации процесса разрушения старого трубопровода является подведение вибрации к рабочему органу, что уже довольно широко применяется в строительных и горных машинах. Применение вибрационных воздействий при определенных условиях позволяет существенно снизить сопротивление сил трения. Следует иметь в виду, что во всех случаях применения вибрации механизм трения не изменяется. Коэффициенты трения в любых случаях определяются свойствами контактирующих поверхностей. Меняется лишь периодически характер взаимодействия контактирующих поверхностей на отдельных этапах движения. Чтобы учесть это обстоятельство, в работах Ерохина В.В. (занимающегося изучением влияния вибрации на рабочие процессы) вводится понятие динамического эффективного коэффициента трения, который отражает конечный

результат взаимодействия контактирующих поверхностей, совершающих периодические или пульсирующие поступательные перемещения. Это и было использовано при разработке математической модели.

При математическом описании процесса разрушения отработавшего трубопровода за основу была принята математическая модель разработанная Емелиным В.И. и Шайхадиновым А.А. (1):

$$F_C = F_P + F_A + F_B + F_I \pm F_{Ei} , \quad (1)$$

где  $F_N$  – суммарная сила сопротивления перемещения рабочего органа, направленная вдоль оси трубопровода, Н;

$F_D$  – сопротивление резанью старого трубопровода, Н;

$F_A$  – сопротивление деформированию (расширению) предварительно разрезанного старого трубопровода, Н;

$F_A$  – сопротивление движению рабочего органа, обусловленное необходимостью вдавливания разрезанной части старого трубопровода в грунт, Н;

$F_I$  – сопротивление протаскиванию плети нового трубопровода, Н;

$F_{Ei}$  – суммарные силы инерции рабочего органа и плети нового трубопровода

Приняв, что  $F_A = 0$ ;  $F_B = 0$ ;  $F_I = 0$ ;  $F_{Ei} = 0$ , так как мы ограничились задачей исследовать только сопротивление резанью старого трубопровода и подставив динамический эффективный коэффициент трения в расчет усилия, затрачиваемого на разрезание старого трубопровода  $F_D$  и, получим:

$$F_D = \left[ (1 + f_{iE}) \cdot n_I \cdot \hat{E}_\zeta \cdot \sigma_{C.P} \cdot \sin \alpha \cdot \left( \frac{\delta_C}{\cos \alpha} \right)^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \right] \cdot f_Y \quad (2)$$

где  $f_{iE}$  – коэффициент трения скольжения пластинчатого ножа по поверхности разрушения старого трубопровода;

$n_I$  – количество ножей, разрезающих трубопровод;

$\hat{E}_\zeta$  – коэффициент, учитывающий затупление ножа;

$\alpha$  – угол скоса пластинчатого ножа, град;

$\delta_C$  – толщина стенки старого трубопровода, м;

$\beta$  – угол заострения ножа рабочего органа, град;

$\sigma_{C.P}$  – предел прочности материала старого трубопровода на растяжение, Па;

$f_Y \approx 0,7$  – динамический эффективный коэффициент трения.

Проведя исследования математической модели, были получены результаты влияния вибрации на силу разрезания. На рисунке 1 представлены графики зависимости усилия разрезания изношенного трубопровода от толщины стенки и угла скоса ножа с применением вибрации и без ее применения.

Для проверки и уточнения теоретических результатов, необходимо проведение экспериментальных исследований рассматриваемого способа интенсификации. Для этого было разработано несколько схем стендов, одна из которых представлена на рисунке 2.

Данный стенд создан на базе гидравлического пресса ОКС 1671М. В верхней рамке установлен гидроцилиндр 1. На опорной плите 4 закрепляется модель

разрушаемой трубы 10. Шток гидроцилиндра соединяется с рабочим органом, состоящим из вибратора 8 и разрушающей головки 9.

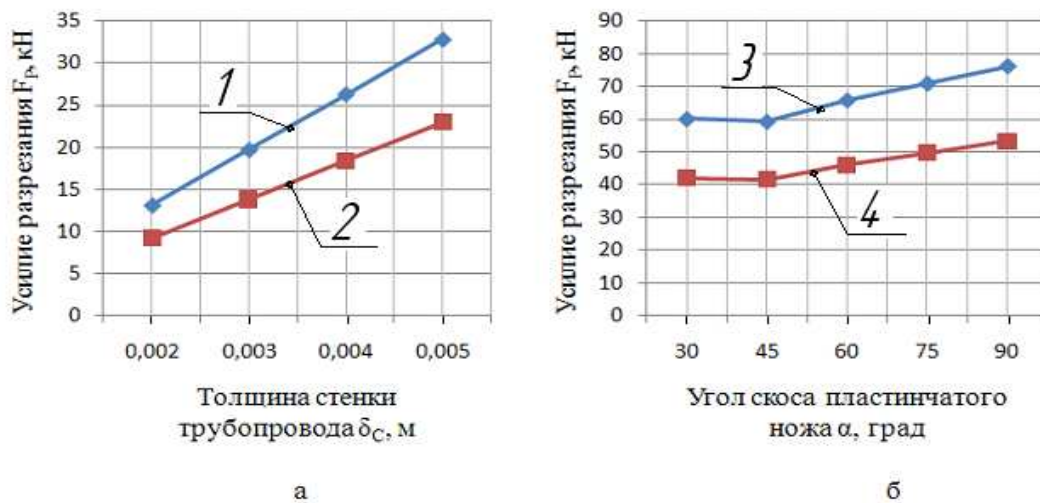


Рисунок 1 – Зависимость усилий разрезания  $F_p$  отработавшего стального трубопровода от толщины его стенки (а), угла скоса пластинчатого ножа (б): 1, 3 – без применения вибрации; 2, 4 – с применением вибрации

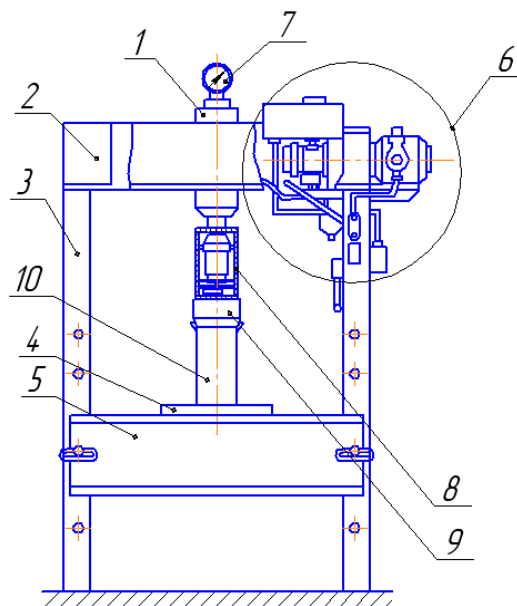


Рисунок 2 – Стенд для исследования способа бестраншейного ремонта трубопровода: 1 – цилиндр; 2 – шкаф электрооборудования; 3 – стойка; 4 – плита опорная; 5 – стол; 6 – силовая установка; 7 – манометр; 8 – вибратор; 9 – разрушающая головка; 10 – модель трубы

Заключение можно сделать следующее: бестраншейные технологии ремонта трубопроводов, идущие на смену традиционным методам восстановления, имеют не только преимущества, но и некоторые недостатки. При проведении теоретических исследований математической модели было выявлено, что повышение эффективности процесса разрушения отработавшего трубопровода путем подведения вибрации к рабочему органу, позволит повысить производительность на 30 – 40%, а также снизить энергоёмкость, стоимость оборудования и работ в целом.