

ОСОБЕННОСТИ ОТРЫВКИ ТРАНШЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ПРИ НАЛИЧИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

ТУРГУНБАЕВ С.ДЖ.
izvestiva@ktu.aknet.kg

Подземные кабельные коммуникации играют важную роль в развитии общей сети коммуникации. В мировой практике передачи электроэнергии на расстояние отчетливо намечается тенденция перехода от воздушных линий к кабельным. В области связи также отдается предпочтение кабельным линиям. Кабельные линии, обладающие высокой степенью защиты каналов от помех, эксплуатационной надежностью и динамичностью, составляют основу сети связи; магистральные – 75%, внутренние – 50%, сельские 62%, городские – 95%.

Создание волоконного световода явилось мощным толчком в развитии оптических кабельных линий связи, которые по темпам своего развития значительно превосходят все существующие системы передачи информации. На территории Кыргызстана уже действуют суперсовременные волоконно-оптические линии связи.

Сооружение подводных коммуникаций связано, прежде всего, с отрывкой траншей в грунте различного сечения и протяженности при наличии водной среды. Широкое применение находят для выполнения указанных работ траншейные экскаваторы с фрезерно-роторным рабочим органом.

Сопротивления, возникающие при разработке грунтов узкими вертикальными ножами, требуют применения большого количества тяговой вспомогательной техники, что резко усложняет и удорожает технологический процесс. Проблема снижения тяговых усилий рабочих органов, взаимодействующих с грунтом по принципу разрезания, может быть решена путем их активизации.

Вопросам процесса взаимодействия рабочих органов ротационного типа с грунтом посвящены работы Далина А.Д., З.Е.Гарбузова, Синеокова, Юдина В.И.

Исследования процесса резания грунта рабочими органами фрезерного типа выполнил А.М. Царевский [1]. На основе понятия удельного сопротивления резанию, которое учитывается отдельно для плотного и разрыхленного грунта, им предложена формула для определения сопротивления резанию:

$$P = (K_1 + K_2) \frac{z}{2} \cdot F \cdot (1 + f^2) \cdot \sin \alpha \cdot \sin \gamma \cdot Gf,$$

где K_1, K_2 - удельные сопротивления резанию плотного и разрыхленного грунта;

F - площадь стружки вырезаемого ножом грунта;

f - коэффициент внешнего трения;

α - угол резания; γ - угол наклона ножа и плоскости опорного кольца;

G - сила тяжести грунта, передаваемая на фрезу.

В работе В.Н. Фоменко [2] дана зависимость для определения мощности привода роторных земснарядов с учетом сопротивления водной среды.

$$N = ma^{6 \text{ впр}},$$

где m, a - параметры, зависящие от конструкции фрезы и консистенции гидросмеси; b - коэффициент; $v_{\text{впр}}$ - скорость вращения фрез.

С.П.Огородников предложил эмпирическую формулу для определения силы резания грунтов под водой, но без учета влияния гидростатического давления [3]:

$$P = k \cdot b \cdot h^n \cdot m_\alpha \cdot m_v \cdot m_f,$$

где k - удельное сопротивление резанию для суглинистых грунтов и легких глин; $k = 6 \dots 13 \text{ Н/см}^2$; n - показатель степени для суглинков $n = 1 \dots 1,26$; m_α - коэффициент, учитывающий угол резания α ; m_v - коэффициент, учитывающий скорость резания, $m_v = 0,86 + 1,4V_f$; m_f - коэффициент, учитывающий форму ножа.

С учетом влияния гидростатического давления А.Д. Николаев [2] получил формулу для определения горизонтальной составляющей, определяющей усилия резания клином в подводных условиях:

$$P = K_1(b + 2h_0) + K_2 \frac{bhL(\gamma - 1) \cdot \sin(\alpha + \varphi) \cdot \cos \alpha}{\cos \varphi},$$

где k_1 - удельное усилие отделения стружки, зависящее от физико-механических свойств грунта и параметров режущей кромки; k_2 - коэффициент, учитывающий степень проникания воды под стружку; b, h_0 - ширина и глубина резания; L, h - длина и толщина стружки грунта на клине; α - угол резания; v - скорость резания; ρ - угол внутреннего резания грунта по грунту.

Рассматривая гидростатическое давление как дополнительную пригрузку, действующую в зоне разрушения грунта и увеличивающую силу трения грунта о переднюю грань ножа, Ж.Ж. Тургумбаев [4] получил уравнение сопротивления резанию грунта плоским ножом в условиях установившегося движения:

$$P_k = P_p + P_f + P_{rg},$$

где P_k - касательная составляющая сопротивления резанию с учетом гидростатического давления; P_{tp} - касательная составляющая сопротивления движению грунта по передней грани ножа; P_{rg} - гидродинамическое сопротивление среды.

Здесь

$$P_f = H_1 \cdot b \cdot (H_s \gamma + pk_s) \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$P_p = P_f \cdot \sin(\psi + \alpha) \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \psi + \frac{C_0 \cdot h \cdot b}{\sin \psi \cdot \cos \psi} P_{rg} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_c \cdot S_x \cdot v^2,$$

где H_1 - высота подъема грунта; K_s - коэффициент смачивания поверхности передней грани ножа; h_s - толщина стружки; C_x - коэффициент гидродинамического сопротивления; ρ_c - плотность среды; S_x - проекция площади передней грани ножа на плоскость, перпендикулярную направлению движения; v - скорость резания; C_0 - удельное сцепление грунта; φ - угол внутреннего трения грунта по грунту; ψ - угол скола; p - гидростатическое давление; b - ширина отвала; δ - угол трения грунта об отвал.

А.А. Шаталов [2] для описания процесса подводного резания грунтов, залегающих в шельфовой зоне, использовал теорию предельного равновесия сыпучей среды В.В. Соколовского. Им рассмотрено взаимодействие сил при внедрении широкого острого ножа в связный грунт при наличии гидростатического давления. Для определения усилия подводного резания грунтов предложена формула

$$P = N(\sin \delta + \mu \cdot \cos \delta) - \eta \cdot \gamma_b \cdot b \cdot h(H + H_1),$$

где δ - угол резания; C_0 - удельное сцепление грунта; N - величина нормального давления на переднюю плоскость ножа, при котором происходит разрушение грунта; η - коэффициент передачи давления, зависящий от влияния гидростатического давления на проницаемость грунта; γ_b - объемная масса воды; H - глубина залегания грунта; H_1 - атмосферное давление; μ - коэффициент трения грунта по ножу.

При составлении А.А. Карошкиным [5] уравнения усилия подводного резания грунта использована эмпирическая поправка, интегрально учитывающая действие гидростатической пригрузки на поверхность массива.

Общее сопротивление разрезанию грунта ножом кабелеукладочной машины определено уравнением

$$P_{\Sigma w} = P_c + P_y + F_f + F_n + P_w,$$

где $P_{\Sigma w}$ - суммарная горизонтальная составляющая сопротивления разрезанию грунта; P_c - составляющая сопротивления резанию грунта передней гранью ножа в зоне скола; P_y - то же для зоны уплотнения; F_f, F_n - составляющие сопротивления от сил трения.

После определения этих составляющих общее сопротивление грунта разрезанию представлено зависимостью

$$P_{\Sigma w} = A_i \cdot A_{\beta c} \cdot bh_{kr} \left[\frac{\gamma_{kr}}{2} + C_w \cdot \operatorname{ctg} \rho \left(1 - \frac{1}{A_i} \right) \right] + b(h_p - h_{kr}) \cdot C_w \cdot \operatorname{ctg} \rho \cdot A_{\beta}^i +$$

$$+ 2F_s A_4 \cdot \operatorname{tg}^2 \delta \left[\frac{\gamma_{gr} \cdot h_{kr}}{2} + C_w \cdot \operatorname{ctg} \rho \left(1 - \frac{1}{A_4} \right) \right],$$

где $h_{кр}$ - критическая глубина резания, определяющая глубину расположения линии раздела зон рыхления и уплотнения грунта; b - ширина ножа; h_p - глубина резания; C_w - удельное сцепление грунта; ρ - угол внешнего трения грунта по грунту; δ - угол трения грунта о поверхность ножа; P_w - гидростатическое давление; F_z - площадь боковой поверхности ножа; $\gamma_{гр}$ - объемный вес грунта.

Значения коэффициентов A_{1-4}^i и A_β^i определяются в соответствии с теоретическими положениями.

В работе Ю.М. Петрова [2] для расчета сопротивления резанию одиночными затупленными ножами используется выражение

$$m = -_0 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\cos \rho \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos^2\left(\frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}\right)} + 4\Pi \cdot b \cdot \delta \cdot c \cdot \frac{tg\left(45^\circ + \frac{\delta}{2}\right)}{5,14 - 1,14tg^2\left(45^\circ + \rho/2\right)},$$

где C_0 - удельное сцепление грунта; b , h - ширина и толщина стружки; ρ - угол внутреннего трения грунта; α - угол резания; φ - угол трения грунта о сталь; δ - величина затупления ножа.

Гидростатическое сопротивление в данном уравнении не учитывается.

В работе [6] определено, что при разработке грунтов на дне морей и океанов режущие кромки рабочих органов землеройных машин изнашиваются более интенсивно, особенно при разработке песка и гравия, чем при копании этих видов грунта в обычных условиях на суше. В институте Стивенса (США) проведены экспериментальные исследования по изучению методом моделирования несущей способности и других характеристик подводного грунта. Работа выполнена для определения возможности применения при отрывке траншей и планировке дна морей самоходных гусеничных машин.

В работе А.Оса [7] высказывается мысль об уменьшении сопротивления подводного резания грунта путем подачи воды или воздуха под давлением на плоскость скольжения грунта, что приводит к снижению сопротивления сдвигу.

В.А. Лобановым [2] установлены различия картины разрушения грунта на дне морей и при производстве работ способом "стена в грунте". Получена аналитическая зависимость нахождения силы резания донного грунта одиночным резцом

$$P = m_v \left(1 + ctg \alpha \cdot tg \delta\right) bh \cdot \frac{1 - \sin \varphi \cos \xi}{1 + \sin \varphi \cos \xi} k_\eta \cdot k_p C,$$

где m_v - коэффициент влияния скорости резания; k_η - коэффициент влияния глубины резания на силы сцепления грунта; k_p - коэффициент влияния гидростатического давления на силы сцепления; C - силы сцепления грунта; α - угол резания; δ - угол трения грунта по рабочему органу; b , h - ширина и глубина среза; φ - угол внутреннего трения грунта.

Методам прогнозной оценки силы резания для условий взаимодействия резца с грунтом на дне морей посвящена работа В.Г. Моисеенко [8], в которой установлены границы в физических картинах резания двух и трехфазных грунтов. На влагонасыщенных грунтах донного массива обнаружено новое явление - резание (раздвигания) без отделения стружки. Для условий плоской задачи резания донных грунтов плоским ножом получена аналитическая зависимость определения нагрузки на рабочий орган подводной землеройной машины в виде

$$P = L \frac{h^2}{2} (\rho - \rho_w) g + L h \tau_0 \left(\frac{\cos \alpha + 1}{\sin \alpha} \right) + \frac{2}{3} L \cdot \left(\sqrt{\mu \vartheta_0 h + \frac{\mu^2 \vartheta_0^2}{9}} + \frac{\mu \vartheta_0}{3} \right) - \frac{3 \cos \alpha + 1}{\sin \alpha},$$

где L - ширина ножа; h - глубина резания; ρ , ρ_w - плотность грунта и воды; τ_0 - сцепления грунта; μ - динамический коэффициент вязкости; ϑ_0 - скорость движения ножа; α - угол резания.

Выводы: 1. Несмотря на то, что отвальные рабочие органы являются наиболее распространенными, еще недостаточно изучены процессы копания грунтов этими типами режущих элементов под гидростатическим давлением. Отсутствует методика расчета параметров отвальных и ковшовых рабочих органов, работающих на больших глубинах погружения, учитывающая влияние гидростатического давления.

2. Натурные экспериментальные исследования процессов копания грунтов в подводных условиях связаны с большими техническими трудностями и являются дорогостоящим мероприятием, что обуславливает применение методов математического и физического моделирования, использование моделирующих экспериментальных установок, позволяющих исследовать процессы копания грунтов для больших глубин путем создания гидростатического давления в рабочей камере.

Литература

1. Царевский А.М. Гидромеханизация мелиоративных работ. - М.: Сельхозиздат, 1969. С. 439.
2. Кабашев М.Р., Тургумбаев С.Дж., Исманов К.М. Анализ исследований по разрушению грунтов под гидростатическим давлением // Известия ОшГУ. № 1. – Ош, 2001. С. 57-60.
3. Огородников С.П. Некоторые вопросы теории подводной разработки грунтов // Гидромеханизация при разработке тяжелых грунтов. – М.: ЦНИИТЭСтом, 1968. С. 9-43.
4. Тургумбаев Ж.Ж. Анализ процесса резания грунтов под водой // Исследования машин для земляных работ: Сб. научн. тр. - М.: ЦНИИС, 1984. С. 78-83.
5. Карошкин А.А. Определение параметров ножа кабелеукладочной машины при работе под гидростатическим давлением: Автореф. дисс... канд. техн. наук. - М.: МАДИ, 1983. С. 18.
6. Howard D., Enrlich R. Model tests in submerged soils // Journal of Terra mechanics. - 1966, N 4. P. 53-70.
7. Os A.G. A method and apparatus for underwater dredging of earth, particularly sand // Patent Great Britain. N 1491687, 1977.
8. Моисеенко В.Г. Прогнозирование рабочих нагрузок землеройных машин в особых условиях. – Киев: Вища школа, 1987. С. 199.

