

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО
АГРЕГАТА ПРИ ТРУБОУКЛАДОЧНЫХ РАБОТАХ**

Кривошеев Н.В., Шевчук В.П.

*ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический
университет» (ВолгГТУ),*

Россия, 400131, Волгоград, пр-т им. Ленина, 28,

N.Krivosheev@volgopetroproject.ru

Аннотация

В данной публикации приводится общая математическая модель определения производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) промышленного назначения на трубоукладочных работах. Математическая модель увязывает в единую зависимость все основные технические параметры трубоукладчика и параметры, определяющие условия эксплуатации. В математическую модель заложен метод «минимизации продолжительности рабочего цикла машины» [1], так как продолжительность рабочего цикла является одним из обобщающих показателей технико-эксплуатационной эффективности МТА. Другими словами, производительность трубоукладчика находится в обратной зависимости с продолжительностью рабочего цикла: чем меньше времени затрачено на укладку трубопровода, тем выше производительность и эффективность строительства.

Ключевые слова: производительность, математическая модель, трубоукладчик.

**MATHEMATICAL MODEL OF DETERMINING THE
PERFORMANCE OF TRACTOR UNITS PIPELAY AT WORK**

Krivocheev N., Shevchuk V.

Volgograd State Technical University

Abstract

The general mathematical model of determination of productivity of the machine -tractor unit (MTU) with industrial function is presented in this article during the pipelaying works. The mathematical model coordinates all key technical parameters of the pipelayer and the parameters defining service conditions in uniform dependence. The method of "minimization of duration of a running cycle of the machine" [1] is put in mathematical model as duration of a running cycle is one of generalizing indicators of technical and operational efficiency of MTU. In other words productivity of the pipelayer is in inverse

relationship with a duration of a running cycle, the less time is spent for pipe-line laying, the productivity and efficiency of construction is higher.

Key words: productivity, mathematical model, pipelayer.

На сегодняшний день справочная литература и нормативно-техническая документация [1,2,3,4], посвященная методикам подбора парка специальной техники для укладки трубопроводов, потеряла актуальность в силу стремительного развития ассортиментного ряда данного вида оборудования. Это, в свою очередь, привело к необходимости установления критериев подбора техники, описывающих зависимость эффективности строительства от технико-эксплуатационных характеристик конкретного трубоукладчика.

Для решения проблемы предлагается двухуровневая оценка эффективности трубоукладчика.

На первом уровне дается качественная оценка эффективности работы моторно-трансмиссионной установки трубоукладчика с помощью критериев, оценивающих полностью реализации режима максимальной тяговой мощности, скорости и топливной экономичности. Первый уровень апробирован в работах [5, 6, 7, 8, 9, 10] и в данной статье не приводится.

На втором уровне дается количественная оценка эффективности работы МТА. Производительность является тем критерием, который увязывает в общую математическую зависимость (модель) все основные технические параметры трубоукладчика и параметры, определяющие условия эксплуатации. Накладывая на математическую зависимость граничные условия, можно сформировать несколько частных моделей, описывающих процесс укладки трубопровода.

Производительность (м/ч) трубоукладчика определяется по формуле

$$P_3 = \frac{3600 \cdot L_{c/k}}{T_{ц}}, \quad (1)$$

где $L_{c/k}$ – длина приподнятого участка трубопровода крайним или средним трубоукладчиком, м;

$T_{ц}$ – продолжительность цикла работы трубоукладчика, сек.

Длина (м) приподнятого участка трубопровода крайнего трубоукладчика определяется по формуле

$$L_{ki} = \eta \cdot A \cdot \sqrt[4]{100 \cdot h_{ki}}, \quad (2)$$

где $h_{k,i}$ – высота подъема трубопровода крайним трубоукладчиком, м;

η – коэффициент выбирается в зависимости от числа трубоукладчиков;

A – коэффициент, выбираемый в зависимости от геометрических и прочностных характеристик трубопровода.

Длина (м) приподнятого участка трубопровода средним трубо-

укладчиком определяется по формуле

$$L_{ci} = \dot{\eta} \cdot A \cdot \sqrt[4]{100 \cdot h_{ci}}, \quad (3)$$

где h_{ci} – высота подъема трубопровода средним трубоукладчиком, м.

Сумма длин (м) приподнятых участков крайних и средних трубоукладчиков

$$L = L_{ki} + L_{ci}. \quad (4)$$

Высота подъема трубопровода средними трубоукладчиками определяется по формуле

$$h_{ci} = X \cdot h_{ki}, \quad (5)$$

где X – коэффициент выбирается в зависимости от количества трубоукладчиков.

Изменение высоты подъема трубопровода при перемещении трубоукладчиком вдоль траншеи определяется по формуле:

$$h_t = h_{c/k} - h_2 \cdot \sin(\omega \cdot s), \quad (6)$$

где h_2 – амплитудное значение высоты, м; ω – частота колебаний, Гц;

S – путь, м.

Критерием оптимальности модели является «минимум продолжительности рабочего цикла машины», поскольку продолжительность рабочего цикла является одним из обобщающих показателей технико-эксплуатационной эффективности МТА

$$T_{ц} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Метод минимизации продолжительности рабочего цикла машины основан на последовательном выполнении следующих действий: определяется место машины в технологическом процессе (рис. 1); устанавливается структурная модель процесса и последовательность выполнения операций в структуре рабочего цикла, возможность их совмещения; формируются математические модели для расчета продолжительности каждой операции в зависимости от технических и эксплуатационных параметров МТА.

Технология укладки трубопровода заключается в выполнении ряда операций трубоукладчиком в определенной последовательности: операция поднятие участка трубопровода, плети или трубы; перемещение трубоукладчика с трубопроводом вдоль траншеи (трассы) или перемещение трубоукладчиком трубопровода с помощью вылета стрелы; опускание трубопровода в траншею, на тумбу (берма) или на грунт; перемещение трубоукладчика к следующему участку трубопровода (холостой ход) (рис. 2). Кроме перечисленных операций, также выполняются следующие вспомогательные работы: позиционирование трубоукладчика или рабочего органа (выполняется оператором при помощи рычагов манипуляции рабочими органами, переключения передач, переключение вала отбора мощности); сварка; очистка и изоляция трубопровода.

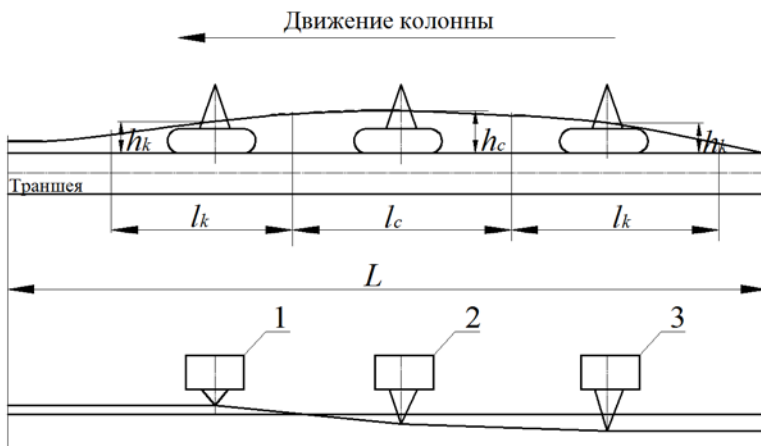


Рис. 1. Схема расстановки трубоукладчиков: 1, 2, 3 – трубоукладчики

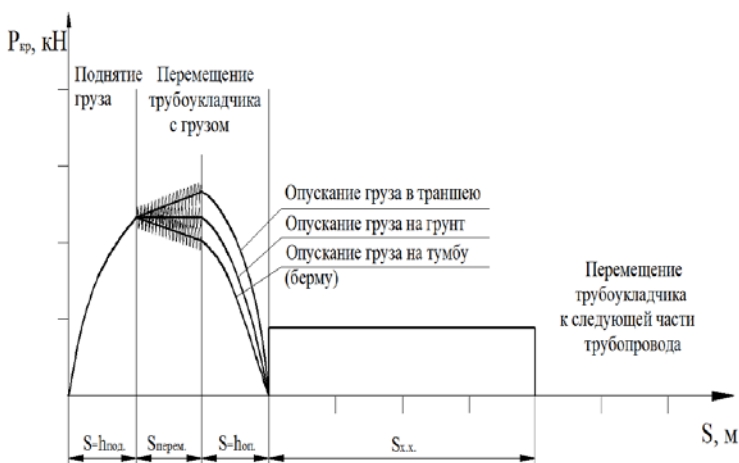


Рис. 2. Циклограмма работы трубоукладчика

Продолжительность цикла работы $T_{ц}$ (сек) определяется по формуле

$$T_{ц} = \sum_{k=1}^n t_{под.k} + \sum_{i=1}^n t_{перем.i} + \sum_{y=1}^n t_{оп.y} + \sum_{z=1}^n t_{х.х.z} + \sum_{j=1}^n t_{кпп.j} + t_{с.о.и.}, \quad (8)$$

где $t_{под.к}$, $t_{оп.у}$ – время поднятия и опускания трубопровода, плети или трубы, сек;

$t_{перем.i}$ – время, затраченное на перемещение трубопровода с переменной или постоянной нагрузкой, сек;

$t_{кпп.j}$ – время, затраченное на переключения передач, сек;

$t_{с.о.и.}$ – время, затраченное на сварочные, очистные, изоляционные работы, сек;

$t_{х.х.з.}$ – время за интервал без нагрузки (холостой ход трубоукладчика), сек.

$$T_{ц} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\Delta h_{под.к}}{\frac{0,105 \cdot n_{дв.к} \cdot r_{бр.}}{U_{лб} \cdot \eta_{лб}} \cdot \left(1 - \frac{q \cdot f_1 \cdot B \cdot \sqrt[4]{100 \cdot h_{с/к}}}{1000} \right)} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta S_{перем.i}}{\frac{0,105 \cdot n_{дв.i} \cdot r_{зв.}}{U_{тр.j} \cdot \eta_{тр.j}}} \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{\left(1 - \frac{q \cdot f_1 \cdot B \cdot \sqrt[4]{100 \cdot (h_{с/к} - h_2 \cdot \sin(\omega \cdot s))}}{1000} \right)^a} + \right. \\ \left. + \sum_{y=1}^n \left(\frac{\Delta h_{оп.у}}{\frac{0,105 \cdot n_{дв.у} \cdot r_{бр.}}{U_{лб} \cdot \eta_{лб}} \cdot \left(1 - \frac{q \cdot f_1 \cdot B \cdot \sqrt[4]{100 \cdot h_{с/к}}}{1000} \right)} \right) + \right. \\ \left. + \sum_{z=1}^n \left(\frac{\Delta S_{х.х.з.}}{\frac{0,105 \cdot n_{дв.з} \cdot r_{зв.}}{U_{тр.j} \cdot \eta_{тр.j}} \cdot \left(1 - \frac{M_{дв.з} \cdot U_{тр.j} \cdot \eta_{тр.j} - g \cdot m_{тр} \cdot (f \pm \sin \alpha)}{r_{зв.}} \right)^a} \right) + \right. \\ \left. + \sum_{j=1}^n t_{кпп.j} + t_{с.о.и.} \right)$$

где ΔS_i – интервал пути цикла трубоукладчика с переменной или постоянной нагрузкой, м;

$\Delta h_{\text{под.к}}$, $\Delta h_{\text{од.у}}$ – интервал поднимания и опускания трубопровода, м;
 $\Delta S_{\text{х.х.з}}$ – интервал холостого хода трубоукладчика без нагрузки, м;
 $n_{\text{дв.}i,k,y,z}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя на i , k , y , z -м интервале пути, об/мин;

$r_{\text{зв.}}$ – радиус ведущей звездочки, м;

$r_{\text{бр.}}$ – радиус барабана лебедки, м;

$U_{\text{тр}j}$ – общее передаточное отношение трансмиссии на j передаче;

$U_{\text{лб}}$ – передаточное отношение лебедки;

$M_{\text{дв.}i}$ – крутящий момент двигателя на i -м интервале пути, Нм;

$M_{\text{дв.мах}}$ – максимальный крутящий момент двигателя, Нм;

a – параметр представлен, как функция не только $\varphi_{\text{кр.мах}}$, которая может меняться вследствие динамики нагружения, но и как функцию $\hat{\varphi}_{\text{кр.мах}}$ (постоянной для данного грунта предельный коэффициент сцепления при полном буксовании);

$\varphi_{\text{кр.}}$ – коэффициент сцепления гусеничного движителя;

$m_{\text{п.м.т.}}$ – масса погонного метра трубы, кг;

$\eta_{\text{тр.}j}$ – общий КПД трансмиссии на j передаче;

f – коэффициент сопротивления движению гусениц;

α – уклон поверхности движения (знак плюс – при подъеме, минус – при спуске);

f_1 – коэффициент усилия при подъеме трубопровода трубоукладчиком;

B – коэффициент, значение которого выбирается в зависимости от геометрических и прочностных характеристик трубы.

Основными достоинством приведенной математической зависимости (модели) является взаимосвязь: сил сопротивлений; тяговых усилий; энергетических соотношений. Двухуровневая оценка эффективности дает возможность не только провести предпроектный анализ специальной техники с известными параметрами в заданных условиях эксплуатации, но также рекомендовать к использованию современные аналоги, отвечающие требованиям технического задания.

Библиографический список

1. Баловнев В.И. Многоцелевые дорожно-строительные машины: учеб. пособие. – М.: Омский Дом печати, 2006. – 320 с.

2. Белецкий Б.Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник. – 3-е изм. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 752 с.

3. Ващук И.М., Уткин В.И., Харкун Б.И. Трубоукладчики – М.: Машиностроение, 1989. – 184 с.

4. Дудолодав Ю.А., Саттаров Х.Т., Шагов Н.О. Краны – трубоукладчики. – М.: Высш. шк., 1976. – 286 с.

5. Кривошеев Н.В., Шевчук В.П., Шеховцов В.В. Подбор оптимальной моторно-трансмиссионной установки для трактора, работающего в составе машинно-тракторного агрегата промышленного назначения // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. ст. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2010. – № 10 (70). – 188 с.

6. Кривошеев Н.В., Шевчук В.П. Комплексный подход по подбору и оценки моторно-трансмиссионной установки для трактора, работающего в составе машинно-тракторного агрегата промышленного назначения // Сборник статей научных, конструкторских и технологических работ студентов. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2010.

7. Кривошеев Н.В., Шевчук В.П. Критерии оценки моторно-трансмиссионной установки гусеничного трактора // Сборник статей I Международной научно-практической интернет конференции «Молодежь. Наука. Инновации». – Пенза, 2010.

8. Кривошеев Н.В., Шевчук В.П. Подбор оптимальной моторно-трансмиссионной установки для трактора, работающего в составе трубокладчика // Сборник статей I Международной научно-практической интернет конференции «Молодежь. Наука. Инновации». – Пенза, 2010.

9. Кривошеев Н.В., Шевчук В.П. Проверка методики оценки эффективности моторно-трансмиссионной установки гусеничного трактора // Сборник статей международной научно-практической конференции «Прогресс транспортных средств и систем – 2009». – ВолгГТУ, 2009. – С.181-182.

10. Расчет специального рабочего оборудования для МТА промышленного назначения: монография / В.П. Шевчук, М.В. Ляшенко, В.В. Шеховцов [и др.]. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – 148 с.

УДК 629.017

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВНУТРЕННЕГО ШУМА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Деев А.О., Победин А.В.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ),

400131, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 28, temavlg@bk.ru

Аннотация

В статье приводится схема проведения эксперимента по определению и снижению уровня внутреннего шума в салоне автомобиля. С помощью шумомера проанализированы уровни шума при различных режимах работы транспортного средства, проведен сравнительный анализ уровня шума в автомобиле, на внутренние поверхности которого нанесены шумоизоляционные материалы, с уровнем шума в автомобиле без