

## Экспериментальные исследования поворотливости гусеничных тракторов ОАО «ОТЗ»<sup>1</sup>

И. Г. Скобцов<sup>2</sup>

Петрозаводский государственный университет

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается методический подход к проведению испытаний серийного (ТЛТ-100-06) и перспективного трелевочных тракторов (ТБГ), изготовленных на ОАО «Онежский тракторный завод» и оснащенных гидрообъемной трансмиссией, в режиме поворота.

**Ключевые слова:** трелевочный трактор, гидрообъемная трансмиссия, поворотливость, исследовательские испытания.

### SUMMARY

This paper contains the methodical way of doing the experimental research of turnability of serial (TLT-100-06) and perspective (TBG) skidders, that were made at Onego Tractor Plant and contain hydraulic transmission.

**Keywords:** skidder, hydraulic transmission, turnability, experimental research.

В ряде работ отмечается усиление отрицательного влияния двигателя гусеничных машин на почву в режиме поворота. Поворот относится к самому нагруженному режиму движения трелевочной машины, вызывая увеличение нагрузки на ДВС при повороте до 7 - 8-кратных значений. Для трелевочных тракторов и особенно для лесосечных агрегатных машин на их базе поворот является наиболее общим случаем движения ввиду специфики работы в условиях лесного бездорожья и природного расположения предмета труда – дерева. Так, данные многолетних исследований режимов работы лесосечных машин в производственных условиях Карелии и Ленинградской области показали, что при выполнении функциональных операций трактор занимает в режиме поворота до 70 % общего времени, что в несколько раз превышает время работы сельскохозяйственного трактора в режиме поворота [1, 2]. Машины, оборудованные механизмами поворота с фрикционными элементами управления (бортфрикционными), имеют низкую управляемость. Естественно, возникает вопрос о совершенствовании процесса поворота гусеничного трелевочного трактора, применении на нем более совершенного механизма поворота.

<sup>1</sup> Работа выполняется под руководством доцента кафедры тяговых машин М. И. Куликова

<sup>2</sup> Автор – аспирант кафедры технологии металлов и ремонта

Целью экспериментальных исследований является обоснование исходных требований на гусеничный трактор ТБГ, изготовленный в лабораториях ГСКБ ОТЗ и оснащенный гидрообъемной трансмиссией (ГОТ) по бортовой схеме. Задачей исследований является установление энергозатрат при повороте гусеничного трактора с ГОТ с номинальной нагрузкой (имитация).

Условия проведения испытаний. Испытания проводятся на территории учебной базы ЛИФа университета в п. Матросы Пряжинского района на двух типах грунтов – плотном и сильно деформируемом, в летних и зимних условиях. Для получения сравнительно достоверных данных основных параметров проходимости и поворотливости трактора испытания проводятся с одними и теми же нагрузочным и скоростным режимами.

Комплект измерительной аппаратуры должен позволять при испытаниях измерять следующие основные параметры:

- частоту вращения коленчатого вала двигателя –  $n_e$ ;
- крутящий момент на карданном валу –  $M_c$ ;
- радиус поворота трактора –  $R$ ;
- крутящие моменты на валах гидромоторов –  $M_{г/м}$ ;
- частоту вращения валов гидромоторов –  $n_{г/м}$ ;
- расход топлива за время опыта –  $g_e$ ;
- давление в гидросистеме –  $p$ ;
- крутящий момент на валу ведущей звездочки (на ТЛТ-100-06);
- частоту вращения ведущей звездочки (на ТЛТ-100-06);
- угол поворота;
- время опыта –  $t$ .

Сравнение результатов испытаний проводится по параметрам, характеризующим энергетические, тягово-сцепные и топливозономические свойства гусеничных машин в зависимости от величины радиуса поворота, грунтовых условий и нагрузочного режима:

- сравнение сопротивления движению трактора по величине силы тяги  $P_{кп}$  (при повороте), определенной за период проведения опыта;
- сравнение энергозатрат и топливозономических показателей при повороте трактора ТЛТ-100-06 (механическая трансмиссия) и гусеничного шасси ТБГ с ГОТ.

Испытания проводятся при полной подаче топлива.

Измерительная и регистрирующая аппаратура, используемая при испытаниях. Перспективный гусеничный трактор на период испытаний оснащается следующим оборудованием:

- крутящие моменты на валах гидромоторов (валах ведущих звездочек) измеряются с помощью фольговых тензорезисторов, наклеивающихся на валы;
- радиус поворота трактора обеспечивается движением трактора по предварительно размеченной траектории;
- частота вращения коленчатого вала двигателя измеряется с помощью тахогенератора;

- измерение расхода топлива за время опыта осуществляется с помощью расходомера РСХИ;
- давление в гидросистеме измеряется с помощью тензометрических датчиков давления ТДД.

Данные от тензо- и потенциометрических датчиков записываются на осциллографическую ленту осциллографа Н-700. Величина радиуса и параметры грунтов записываются в журнал испытаний.

**Организация испытаний.** Испытания проводятся по программе и методике, согласованной с ГСКБ ОТЗ. Изготовление технологического оборудования гусеничного шасси для трелевки древесины производится в лабораториях ГСКБ ОТЗ, университета и др. сторонних организациях (предприятиях). Испытания проводятся на макетном образце гусеничного трактора ТБГ с ГОТ и серийном тракторе ТЛТ-100-06.

**Программа испытаний.** Программа испытаний предусматривает выявление влияния различных типов трансмиссий и ходовых систем гусеничного трактора на его поворотливость и включает определение следующих основных параметров:

- суммарной силы тяги при повороте –  $P_{кп}$ ;
- коэффициента сопротивления повороту –  $\xi_{гр}$ ;
- основного параметра поворота –  $\xi_{гр}$ ;
- топливной экономичности –  $G_r$ ;
- затрат мощности при повороте –  $N_{п}$ .

Испытания проводятся согласно календарному плану, согласованному с ГСКБ ОТЗ.

**Методика проведения испытаний.** Одним из основных требований, предъявляемых к гусеничному трактору, является высокая маневренность при транспортировке древесины с лесосеки на верхний склад, а повышение маневренности требует проведения и теоретических, и экспериментальных исследований в условиях, близких к эксплуатационным. Проведение эксперимента планируется с различными типами трансмиссий (механизмов поворота), на двух типах грунтов, на холостом ходу и с номинальной нагрузкой. Проводится цикл испытаний ТБГ с ГОТ, затем повторяется цикл испытаний трактора ТЛТ-100-06 на тех же режимах. Испытания планируется проводить при каждом варианте трансмиссии и ходовой системы в два этапа:

1 этап – исследование маневренности при повороте незагруженного трактора;

2 этап – исследование маневренности с номинальной нагрузкой (имитация пачки объемом  $8 \text{ м}^3$ ).

В процессе испытаний предусматривается поддержание единого кинематического режима.

#### Последовательность и продолжительность опыта.

Машина выходит на исходную позицию и устанавливается в заданном направлении. После команды о начале движения машина движется прямолинейно 10-15 м, затем поворот с заданным радиусом, потом опять прямолинейное движение 10-15 м. При движении со свободным радиусом  $\rho_{своб.}$  длина дуги хода должна

быть не менее 50 м. Таким образом, весь цикл одного опыта включает:

- прямолинейное движение до поворота;
- вход в поворот;
- поворот;
- выход из поворота;
- прямолинейное движение после поворота.

Для определения  $\rho_{своб.}$  замеряется длина хорды дуги и высота сегмента (рис. 2). Вычисляется радиус поворота  $R$  в метрах. Опыт закончен. При движении по кривой замеряются параметры, оговоренные в программе. При движении с  $\rho_{min}$  машина должна поворачиваться на угол не менее  $180^\circ$ . При движении по кривой с промежуточными радиусами (от  $\rho_{своб.}$  до  $\rho_{min}$ ) угол поворота машины должен быть не менее  $90^\circ$  (с уменьшением радиуса поворота увеличивается угол, на который должна повернуться машина). До и после проведения каждого опыта производится запись на осциллографическую ленту нулевых линий и тарировочных сигналов.

**Методика измерений и определения основных параметров.** Измерение крутящего момента  $M_{кр}$  на карданном валу трактора ТЛТ-100-06 производится с помощью тензометрического устройства, встроенного в карданную передачу в районе фланцевого соединения карданного вала и хвостовика главной передачи (рис. 1).

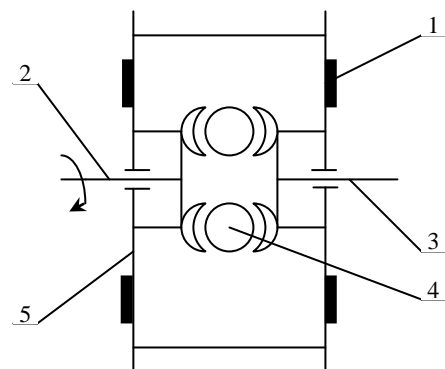


Рис. 1. Схема устройства для измерения  $M_{кр}$

На рис. 1 представлена схема тензометрического устройства для замера  $M_{кр}$ . Сущность работы устройства заключается в следующем. При передаче момента с вала 2 на вал 3 с помощью шариков 4 деформируются траверсы 5, на которые наклеены тензодатчики 1. Деформация пропорциональна передаваемому моменту. Показания тензодатчиков регистрируются на осциллографической ленте. Зная частоту вращения коленчатого вала ДВС, можем определить мощность двигателя, затрачиваемую при повороте:

$$N_e = \frac{M_{кр}}{i_{кп}} \cdot \omega_{дв},$$

где  $i_{kn}$  – передаточное число в коробке передач.

По результатам замеренных на валах ведущих звездочек моментов определяется суммарная сила тяги при повороте (с учетом передаточных чисел главной и конечной передач и к.п.д. гусеницы) [3]:

$$P_2 = \frac{M_2}{r_k} \cdot i_0 \cdot \eta_2;$$

$$P_1 = \frac{M_1}{r_k} \cdot i_0 \cdot \eta_2 \text{ при } P_1 > 0;$$

$$P_1 = \frac{M_1}{r_k \cdot \eta_2} \cdot i_0 \text{ при } P_1 < 0,$$

где  $M_1, M_2$  – крутящие моменты на звездочках отстающей и забегавшей гусениц;

$r_k$  – радиус ведущей звездочки;

$i_0$  – передаточное число, осуществляемое главной и конечной передачами;

$\eta_2$  – к.п.д., учитывающий потери на трение на ведущем участке гусеницы и в зацеплении звездочки с гусеницей.

Тогда суммарная сила тяги при повороте равна:

$$P_k = P_1 + P_2.$$

**Измерение радиуса поворота R.** Все радиусы поворота, кроме "свободного" и "на месте" ( $\rho_{своб.}$  и  $\rho_{мин.}$ ), размечаются на поверхности движения. Свободный радиус поворота, обусловленный грунтовыми условиями, замеряется на поверхности по следу гусеницы (рис. 2). При движении трактора по криволинейной траектории замеряют длину хорды дуги траектории  $m$  и высоту сегмента  $h$ , а величину радиуса  $R$  определяют по формуле

$$R = \frac{m^2 + 4h^2}{8h},$$

где  $m$  – длина хорды дуги траектории ( $m = AB$ );

$h$  – высота сегмента ( $h = CD$ ).

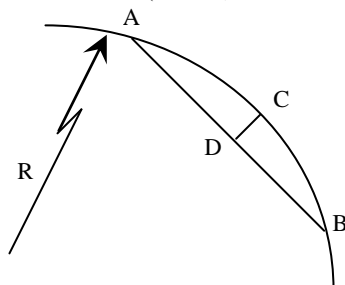


Рис. 2. Схема для измерения свободного радиуса

При движении с промежуточными радиусами машина движется по предварительно размеченной на местности траектории движения. С этой целью на местности производится разметка кривой с радиусом  $R' = [R - (B+b)]/2$ .  $R'$  – радиус, по которому "перекатывается" внутренняя (от центра поворота) кромка отстающей гусеницы. Частота вращения двигателя замеряется с помощью тахогенератора или бесконтактного индукционного датчика. Расход топлива замеряется с помощью расходомера РСХИ, встроенного в систему питания.

Гидрообъемная трансмиссия позволяет бесступенчато изменять касательную силу тяги, плавно поворачивать машину без рассеивания энергии в механизмах поворота, добиваясь при этом легкости управления. Высокая управляемость гусеничной машины с бесступенчатым механизмом поворота, являющимся системой с одной степенью свободы в любом режиме работы, придаёт движению машины совершенно иной характер. Применение гидрообъемной трансмиссии позволяет значительно улучшить процесс поворота, в целом повысить эксплуатационную эффективность и технический уровень трелевочных тракторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов М. И. Исследование поворота гусеничных трелевочных тракторов: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1971.
2. Махов Г. А. Исследование поворота машин на трелевке леса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1969.
3. Исаев Е. Г. Вопросы общей теории поворота гусеничного трактора: Дис. ... докт. техн. наук. М., 1969.