

места. Подача этой команды при работающем двигателе приводит лишь к выключению муфты сцепления.

Используемые конструктивные решения СДУ позволяют осуществлять автоматическое управление командами в любой заданной последовательности. В этом случае управление системой осуществляется не оператором, а при помощи магнитофона, на ленте которого предварительно записаны сигналы управления. На тракторе не предусмотрено переключение передач в движении.

Эксплуатация СДУ (с 1981 г.) подтвердила правильность основополагающих принципов ее создания. Система высокоэффективна и надежна, ее можно быстро устанавливать на другой объект испытаний практически без переналадки. Недостатки СДУ: невысокая устойчивость к помехам, создаваемым тракторным электрооборудованием; подверженность влиянию низких отрицательных температур; ненадежность отдельных радиоэлементов в условиях высоких динамических нагрузок. Проведение мероприятий, не требующих принципиальных изменений системы, применение более надежных элементов будут способствовать их устранению.

УДК 629.114.2

В. В. ЯЦКЕВИЧ, В. Э. ЯНЧЕВСКИЙ

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ ТРАНСМИССИЙ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТРАКТОРОВ

Современный универсальный трактор характеризуется значительным количеством агрегатируемых с ним орудий, разнообразием выполняемых технологических процессов. Требуемый диапазон рабочих скоростей составляет приблизительно 0,05...11 м/с (0,2...40 км/ч). Для наиболее эффективной работы трактора коробка передач (КП) должна обеспечивать работу двигателя на номинальной частоте вращения его вала при любых скоростях движения трактора. Отсюда вытекает требование к максимально возможному количеству его рабочих скоростей.

На выпускаемых в настоящее время универсальных тракторах встречаются в основном три типа КП: ступенчатая механическая; ступенчатая гидромеханическая с переключением передач без разрыва силового потока; бесступенчатая. Пока среди всех КП тракторов как отечественного, так и зарубежного производства преобладают механические ступенчатые коробки с зубчатыми муфтами, подвижными каретками, синхронизаторами.

При проектировании трактора необходимо определить число передач КП. С одной стороны, в целях более эффективного использования трактора на всех операциях необходимо обеспечить максимально возможное количество передач. С другой, выбор номера передачи и момента ее переключения при работе трактора зависит от квалификации оператора и степени его усталости. При большом количестве передач тракторист практически не может выбрать оптимальную на определенный момент. Кроме того, в результате частого переключения передач повышается утомляемость оператора. Таким образом, эффект от использования большого числа передач может быть получен лишь при наличии устройства автоматического их переключения.

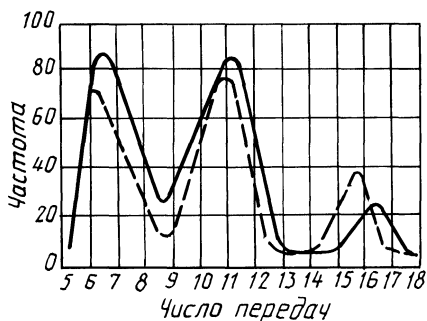


Рис. 1. Статистическое распределение чисел передач переднего хода тракторов, выполненных:

— по колесной схеме 4 x 2; — — — по колесной схеме 4 x 4 с разными колесами

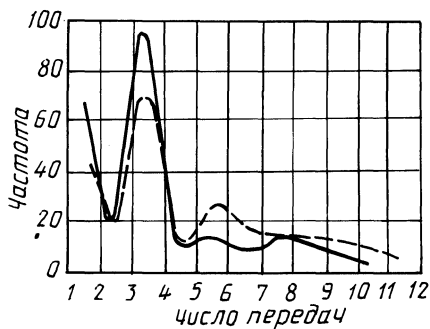


Рис. 2. Статистическое распределение чисел переднего заднего хода тракторов, выполненных:

— по колесной схеме 4 x 2; — — — по колесной схеме 4 x 4 с разными колесами

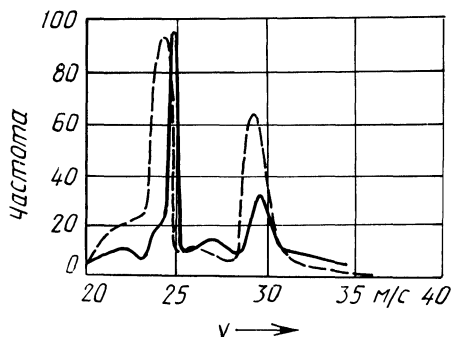


Рис. 3. Статистическое распределение максимальных скоростей движения тракторов, выполненных:

— по колесной схеме 4 X 2; — — — по колесной схеме 4 X 4 с разными колесами

В конструкциях современных универсальных тракторов число передач переднего хода колеблется от 5 до 18 и даже до 24 (МТЗ-100/102), число передач заднего хода — от 1 до 12 (в тракторах с реверсивной трансмиссией число передач переднего и заднего хода одинаково).

Для определения тенденций развития трансмиссий универсальных тракторов был проведен статистический анализ большого числа их моделей, выпускаемых в СССР и за рубежом. Для анализа были отобраны 444 модели тракторов, из них 237 выполненных по колесной схеме 4 x 2 и 207 — по схеме 4 x 4 с разными (меньшими передними) колесами.

По результатам статистического анализа были построены гистограммы частот чисел передач и максимальных скоростей и преобразованы в полигоны частот статистического распределения чисел передач переднего хода (рис. 1), заднего (рис. 2) и максимальных скоростей движения (рис. 3) тракторов, выполненных по колесным схемам 4 x 2 и 4 x 4.

По закону больших чисел полученные полигоны частот с достаточной степенью точности дают представление о графиках плотности распределения.

Из рис. 1 видно, что для тракторов, выполненных по обеим колесным схемам, характерны приблизительно одинаковые диапазоны чисел передач — 5—18. Обе кривые являются полимодальными и имеют по три максимума.

Табл. 1. Распределение моделей тракторов по условным группам

Передача	Колесная схема	Условная группа тракторов	Диапазон чисел передач	Значение моды для условной группы	Частота моды	Статистическое среднее чисел передач	Дисперсия	Среднее квадратическое отклонение
Переднего хода	4×2	I	5–8	6,7	87	10,75	4,29	2,07
		II	9–13	10,8	85			
		III	14–18	16,2	24			
	4×4	I	5–8	6,7	68	11,45	9,12	3,02
		II	9–13	10,7	75			
		III	14–18	15,8	38			
Заднего хода	4×2	I	1–2	1,6	68	4,03	4,29	2,07
		II	3–4	3,3	94			
		III	5–12	—	—			
	4×4	I	1–2	1,6	44	1,65	5,27	1,03
		II	3–4	3,2	67			
		III	5–12	5,2	26			

Табл. 2. Характеристики коробок передач советских универсальных тракторов

Модель	Число передач переднего хода	Число передач заднего хода	Максимальная скорость, м/с (км/ч)
МТЗ-50/52	9	2	7,17 (25,8)
МТЗ-80/82	18	4	9,27 (33,4)
МТЗ-100/102	24	12	9,53 (34,3)
МТЗ-142	16	8	9,36 (33,7)
ЮМЗ-6Л	5	1	6,81 (24,5)
T-40M	6	6	8,33 (30)
T-28	6	3	7,7 (27,5)
T-25A	8	6	6,08 (21,9)
T-16M	6	1	6,44 (23,17)

Очевидно, что отобранные тракторы каждой схемы можно разбить на три группы.

Распределение моделей статистической выборки тракторов по условным группам в зависимости от числа передач переднего и заднего ходов представлено в табл. 1.

В первую группу отобраны 92 модели тракторов, выполненных по схеме  $4 \times 2$ , и 79 — по  $4 \times 4$ . Для этой группы тракторов, выполненных по обеим схемам, число передач переднего хода равно 5...8.

Вторая условная группа получилась самой большой: по 9...13 передач имеют 103 модели тракторов, выполненных по схеме  $4 \times 2$ , и 84 — по схеме  $4 \times 4$ .

Меньше всего моделей попало в третью условную группу (14...18 передач переднего хода) — 39 моделей схемы  $4 \times 2$  и 44 модели схемы  $4 \times 4$ .

В зависимости от количества передач заднего хода всю выборку тракторов можно также разбить на три группы. Как видно из табл. 1, самую многочисленную (вторую) группу составляют тракторы с 3–4 передачами заднего хода.

Из графика статистического распределения максимальных скоростей тракторов видно, что для тракторов, выполненных по обеим колесным схемам, значения максимальных скоростей в основном лежат в диапазоне 5,5–9,7 м/с (20–35 км/ч). При этом наблюдаются два ярко выраженных максимума: 6,6–6,9 м/с (24–25 км/ч) и 8–8,3 м/с (29–30 км/ч).

Значения максимальных скоростей тракторов в подавляющем большинстве случаев лежат в двух интервалах: 6,4–7,2 м/с (23–26 км/ч) и 7,7–8,6 м/с (28–31 км/ч).

Для статистического распределения максимальных скоростей тракторов, выполненных по колесной схеме  $4 \times 2$ , математическое ожидание  $M = 25,84$  км/ч, дисперсия  $D = 4,78$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma = 2,94$ ; по схеме  $4 \times 4$  с разными колесами — соответственно 26,89 км/ч, 8,67 и 2,95.

На основании проведенного статистического анализа характеристик большого количества современных универсальных тракторов можно сделать вывод, что, несмотря на многообразие конструкций КП и их параметров, выделяются три группы тракторов с наиболее характерным числом передач. Очевидно, что самые распространенные числа передач переднего хода лежат в диапазонах 6–8; 10–12 и 15–17; заднего хода — 1; 3–4; 7–8.

Таким образом, в зависимости от количества передач можно выделить три характерных типа тракторов. К первому типу относятся в основном недорогие модели, чаще с колесной формулой  $4 \times 2$ , имеющие 5...8 передач переднего хода. КП чаще всего механическая ступенчатая. Доля таких тракторов в общем объеме выборки составляет 30...35 %.

Тракторы второй условной группы, самой большой, имеют 9...13 передач переднего хода. КП либо механическая ступенчатая, либо гидромеханическая с переключением на ходу. Доля таких тракторов составляет 35...45 % от общего объема выборки.

Число передач заднего хода у тракторов 1-й и 2-й условных групп, как правило, не больше четырех.

К третьей группе относятся тракторы с 15...18 передачами переднего хода, чаще выполненные по колесной схеме  $4 \times 4$ .

В табл. 2 приведены основные характеристики трансмиссий отечественных универсальных тракторов.

Из данных табл. 1 и 2 следует, что отечественные универсальные тракторы по числу передач в основном соответствуют условной их разбивке по группам. Так, тракторы Т-40М, Т-28, Т-25, Т-16М и ЮМЗ-6 по числу передач принадлежат к 1-й группе, МТЗ-50/52 — ко 2-й, МТЗ-80/82 и МТЗ-142 — к 3-й.

Приведенный статистический анализ позволил обобщить данные по большому количеству моделей универсальных тракторов и выявить определенные закономерности в числах передач их трансмиссий. Результаты анализа помогут конструкторам при проектировании трансмиссий.