

УДК 62-93

UDC 62-93

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЦИФРОВОГО КОМПЛЕКСА БЕЗРАЗБОРНОЙ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

CALCULATION OF THE MAIN INDICATORS OF MAINTENANCE DURING THE IMPLEMENTATION OF A DIGITAL COMPLEX OF NON-DISMANTLING INCLINOMETRIC DIAGNOSTICS

Ус Семён Сергеевич

ассистент

РИНЦ SPIN-код: 9320-7774

email: magusus@mail.ru

Дальневосточный государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Us Semyon Sergeevich

assistant

RSCI SPIN code: 9320-7774

email address: magusus@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, 86 Politechnicheskaya, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russia

Кузнецов Евгений Евгеньевич

д-р. техн. наук, профессор

РИНЦ SPIN-код: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Дальневосточный государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Kuznetsov Evgeny Evgenievich

Doctor of technical sciences, Professor

SPIN-code: 6082-4770

email: ji.tor@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Ковалевский Вячеслав Николаевич

кандидат технических наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 2066-4685

email: docent-dalgau3@yandex.ru

Дальневосточный государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Kovalevsky Vyacheslav Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

RSCI SPIN code: 2066-4685

email address: docent-dalgau3@yandex.ru

Far Eastern State Agrarian University, 86 Politechnicheskaya, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russia

Петроченко Виталий Владимирович

кандидат технических наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 1365-4784

email: vitalyi-12@yandex.ru

Дальневосточный государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Petrochenko Vitaly Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

RSCI SPIN code: 1365-4784

email address: vitalyi-12@yandex.ru

Far Eastern State Agrarian University, 86 Politechnicheskaya, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russia

Самуйло Виктор Вацлавович

д-р. техн. наук, профессор

РИНЦ SPIN-код: 6477-1424

email: samvv1@mail.ru

Дальневосточный государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Samuilo Viktor Vaclavovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

RSCI SPIN code: 6477-1424

email address: samvv1@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, 86 Politechnicheskaya, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russia

Статья посвящена оценке влияния внедрения цифрового инклинометрического комплекса безразборной диагностики (ЦИКБД) на показатели системы технического обслуживания и ремонта тракторов при переходе к планово-предупредительной системе. Методы исследования включали аналитическое моделирование простоев и трудоёмкости по нормативам ГОСТ 20793-2023 с

The article is devoted to assessing the impact of introducing a digital inclinometer complex for non-dismantling diagnostics (DICND) on the performance of the tractor maintenance and repair system during the transition to a planned preventive maintenance system. The research methods included analytical modelling of downtime and labour intensity according to GOST 20793-2023 standards, followed by adjustment of the

последующей корректировкой длительности и трудоёмкости операций при добавлении диагностических процедур (17–20% от трудоёмкости ТО/СО/ТР) и учётом ожидаемого снижения затрат времени за счёт ранней диагностики и адресного перечня работ (10–12%). Получены расчётные зависимости для коэффициента технического использования, общей продолжительности простоя за эксплуатационный цикл, удельного времени простоя и удельной трудоёмкости. По результатам расчёта откорректированные нормы для ТО-3 (как наиболее трудоёмкой операции) уменьшаются относительно теоретически увеличенных значений. Научная новизна заключается в предложении согласованного расчётного аппарата для оценки эффекта от применения ЦИКБД в рамках предупредительной системы ТО и Р с учётом добавления диагностических процедур и ожидаемого сокращения простоев

Ключевые слова: ЦИФРОВОЙ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ (ЦИКБД), СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА, КОЭФФИЦИЕНТ ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОСТОЯ, УДЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ, ТРУДОЁМКОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

duration and labour intensity of operations when adding diagnostic procedures (17-20% of the labour intensity of maintenance/ SO/TR) and taking into account the expected reduction in time costs due to early diagnostics and a targeted list of works (10–12%). Calculated dependencies were obtained for the technical utilisation coefficient, the total downtime for the operating cycle, the specific downtime and the specific labour intensity. Based on the calculation results, the adjusted norms for TO-3 (as the most labour-intensive operation) are reduced relative to the theoretically increased values. The scientific novelty lies in the proposal of a coordinated calculation apparatus for assessing the effect of using the CIKBD within the framework of the preventive maintenance and repair system, taking into account the addition of diagnostic procedures and the expected reduction in downtime

Keywords: DIGITAL INCLINOMETRIC COMPLEX FOR NON-DISMANTLING DIAGNOSTICS (DICNSD), MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM, COEFFICIENT OF TECHNICAL UTILIZATION, DURATION OF DOWNTIME, SPECIFIC TIME, LABOR INTENSITY, EFFICIENCY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-040>

Введение. В отличие от внедрённых и действующих в организациях АПК систем технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), а именно регламентированной, планово-предупредительной по состоянию систем технического обслуживания, наиболее современной и перспективной к внедрению на предприятии, соответствующей все показателям ресурсосбережения и надёжности, является планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта по периодичности технологических воздействий. [1]

Предлагаемый к исследованию и внедрению в производственный процесс технического обслуживания и ремонта цифровой инклинометрический комплекс безразборной диагностики (ЦИКБД) использует передовые технологические решения, способные значительно сократить временные затраты на проведение безразборной диагностики,

<http://ej.kubagro.ru/2026/03/pdf/40.pdf>

техническое обслуживание и ремонт, а также формирование прогнозных решений по эксплуатации техники. [2]

Однако для определения эффективности внедряемого диагностического комплекса, необходимо провести расчёты трудоёмкости и продолжительности работ при введении планово-предупредительной системы обслуживания и с применением ЦИКБД, относительно стандартных норм продолжительности технологических операций, рекомендуемых в регламентирующих документах.

Материалы и методы. Определим основные показатели простоя и затрат труда на проведение технологических операций технического обслуживания при регламентированной системе обслуживания и проведём их сравнение с показателями планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта по периодичности технологических воздействий. При расчёте примем как наиболее ответственные следующие показатели, отражающие эффективность системы технического обслуживания и ремонта на производстве: коэффициент технического использования, общая продолжительность простоя машины за цикл эксплуатации, среднее удельное время простоя трактора за цикл эксплуатации, среднее удельное время простоя при проведении технологических воздействий, средняя удельная трудоёмкость технологических операций [3].

Коэффициент технического использования $K_{\text{трс}}$ серийного трактора можно определить по следующей зависимости [4].

$$K_{\text{трс}} = \frac{T_{\text{нс}}}{T_{\text{нс}} + T_{\text{цп}}}. \quad (1)$$

При $T_{\text{цп}} = T_{\text{пто}} + T_{\text{пр}}$

Где $T_{\text{цп}}$ – общая продолжительность простоя машины за цикл эксплуатации (до проведения капитального ремонта), ч; $T_{\text{нс}}$ – наработка за цикл до капитального ремонта серийного трактора, ч; $T_{\text{пто}}$ – простой

трактора при проведении технических обслуживаний в течении цикла эксплуатации до осуществления капитального ремонта, ч; $T_{пр}$ – простой трактора при проведении текущих ремонтов в течении цикла эксплуатации до осуществления капитального ремонта, ч, $T_{нс}$ примем равный 5000 ч.

Общая продолжительность простоя машины за цикл, которая равна продолжительности проведения технологических воздействий по отдельной машине $T_{цп}$ будет равна

$$T_{цп} = T_{пто} + T_{пр} = n_{ЕО} \cdot t_{ЕО} + n_{ТО-1} \cdot t_{ТО-1} + n_{ТО-2} \cdot t_{ТО-2} + n_{ТО-3} \cdot t_{ТО-3} + n_{СО} \cdot t_{СО} + n_{КО} \cdot t_{КО} + n_{ТР} \cdot t_{ТР} + t_{КР} \quad (2)$$

Или

$$T_{цп} = \sum_{j=1}^{n_{ЕО}} t_{ЕО} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-1}} t_{ТО-1} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-2}} t_{ТО-2} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-3}} t_{ТО-3} + \sum_{j=1}^{n_{СО}} t_{СО} + \sum_{j=1}^{n_{КО}} t_{КО} + \sum_{j=1}^{n_{ТР}} t_{ТР} + t_{КР}. \quad (3)$$

Где n – количество обслуживаний или ремонтов техники за цикл; t – часовая продолжительность технологических воздействий, ч.

Среднее удельное время простоя можно рассчитать по формуле

$$t_{упр} = \frac{T_{пто} + T_{пр}}{T_{нс}} = \frac{T_{цп}}{T_{нс}}, \quad (4)$$

А среднюю удельную трудоёмкость $Z_{сут} \left(\frac{\text{чел.} \cdot \text{ч}}{\text{ч}} \right)$

$$Z_{сут} = \frac{C_{то} + C_{пр}}{T_{нс}}, \quad (5)$$

где $C_{то}$ – затраты труда на проведение технических обслуживаний в течении цикла эксплуатации до осуществления капитального ремонта, чел. –ч; $C_{пр}$ – затраты труда на проведение текущих ремонтов в течении цикла эксплуатации до осуществления капитального ремонта, чел. –ч.

Таким образом общие затраты труда на проведение технических обслуживаний и ремонтов в течении цикла эксплуатации до

осуществления капитального ремонта $C_{озт}$ предлагается рассчитать по формульной зависимости

$$C_{озт} = C_{то} + C_{пр} = n_{ЕО} \cdot Z_{ЕО} + n_{ТО-1} \cdot Z_{ТО-1} + n_{ТО-2} \cdot Z_{ТО-2} + n_{ТО-3} \cdot Z_{ТО-3} + n_{СО} \cdot Z_{СО} + n_{КО} \cdot Z_{КО} + n_{ТР} \cdot Z_{ТР} + Z_{КР}.$$

Где Z – трудоёмкость проведения единичного обслуживания или ремонта, чел. –ч.

Или

$$C_{озт} = \sum_{j=1}^{n_{ЕО}} Z_{ЕО} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-1}} Z_{ТО-1} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-2}} Z_{ТО-2} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-3}} Z_{ТО-3} + \sum_{j=1}^{n_{СО-2}} Z_{СО} + \sum_{j=1}^{n_{КО}} Z_{КО} + \sum_{j=1}^{n_{ТР}} Z_{ТР} + Z_{КР}. \quad (7)$$

Рекомендуемые нормы продолжительности технологических воздействий и трудоёмкости при проведении обслуживающих работ для тракторов приведены в таблице 1 [1, 3, 5].

Таблица 1 - Рекомендуемые нормы продолжительности технологических воздействий и трудоёмкости при проведении обслуживающих работ для тракторов

Технический осмотр	Наименование показателя	Продолжительность, ч.; трудоёмкость, чел.-ч. на машину		
		К-700, К-701, К-744, К-525	ДТ-75, АГРОМАШ, ВТ-180	МТЗ - 80/82, МТЗ- 1221/1222
Ежесменный	Продолжительность	0,6	0,5	0,4
	Трудоёмкость	0,6	0,5	0,4
№1	Продолжительность	2,2	2,7	2,7
	Трудоёмкость	2,2	2,7	2,7
№2	Продолжительность	11,6	6,4	6,9
	Трудоёмкость	11,6	6,4	6,9
№3	Продолжительность	25,2	21,4	19,8
	Трудоёмкость	25,2	21,4	19,8
Сезонный осмотр	Продолжительность	18,3	27,1	3,5
	Трудоёмкость	18,3	27,1	3,5

Учитывая, что при введении перспективной планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта по периодичности технологических воздействий при каждом ТО, СО и ТР проводится диагностика, в рамках которой осуществляется и регулировка рабочих параметров проверяемых узлов, полученные формулы для серийного трактора при введении планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, примут следующий вид, с учётом рекомендуемых 17-20 процентов от общей трудоёмкости операции ТО, СО и ТР [3, 4], формулы (2) и (3) примут вид

$$T_{цпсп} = T_{пто} + T_{пр} = n_{ЕО} \cdot t_{ЕО} + n_{ТО-1} \cdot (t_{ТО-1} + D_{ТО-1}) + n_{ТО-2} \cdot (t_{ТО-2} + D_{ТО-2}) + n_{ТО-3} \cdot (t_{ТО-3} + D_{ТО-3}) + n_{СО} \cdot (t_{СО} + D_{СО}) + n_{КО} \cdot t_{КО} + n_{ТР} \cdot (t_{ТР} + D_{ТР}) + (t_{КР} + D_{КР}). \quad (8)$$

Или

$$T_{цпсп} = \sum_{j=1}^{n_{ЕО}} t_{ЕО} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-1}} (t_{ТО-1} + D_{ТО-1}) + \sum_{j=1}^{n_{ТО-2}} (t_{ТО-2} + D_{ТО-2}) + \sum_{j=1}^{n_{ТО-3}} (t_{ТО-3} + D_{ТО-3}) + \sum_{j=1}^{n_{СО}} (t_{СО} + D_{СО}) + \sum_{j=1}^{n_{КО}} t_{КО} + \sum_{j=1}^{n_{ТР}} (t_{ТР} + D_{ТР}) + (t_{КР} + D_{КР}). \quad (9)$$

А формулы (6) и (7)

$$C_{озтп} = n_{ЕО} \cdot Z_{ЕО} + n_{ТО-1} \cdot (Z_{ТО-1} + Z_{ДТО-1}) + n_{ТО-2} \cdot (Z_{ТО-2} + Z_{ДТО-2}) + n_{ТО-3} \cdot (Z_{ТО-3} + Z_{ДТО-3}) + n_{СО} \cdot (Z_{СО} + Z_{ДСО}) + n_{КО} \cdot Z_{КО} + n_{ТР} \cdot (Z_{ТР} + Z_{ДТР}) + (Z_{КР} + D_{КР}). \quad (10)$$

Или

$$C_{озтп} = \sum_{j=1}^{n_{ЕО}} Z_{ЕО} + \sum_{j=1}^{n_{ТО-1}} (Z_{ТО-1} + Z_{ДТО-1}) + \sum_{j=1}^{n_{ТО-2}} (Z_{ТО-2} + Z_{ДТО-2}) + \sum_{j=1}^{n_{ТО-3}} (Z_{ТО-3} + Z_{ДТО-3}) + \sum_{j=1}^{n_{СО}} (Z_{СО} + Z_{ДСО}) + \sum_{j=1}^{n_{КО}} Z_{КО} + \sum_{j=1}^{n_{ТР}} (Z_{ТР} + Z_{ДТР}) + (Z_{КР} + D_{КР}). \quad (11)$$

Таким образом теоретические, откорректированные нормы при введении предупредительной системы технического обслуживания и ремонта по периодичности технологических воздействий будут увеличены до следующих значений, таблица 2. [3, 6]

Таблица 2 - Теоретические нормы продолжительности технологических воздействий и трудоёмкости при проведении обслуживающих работ для тракторов

Технический осмотр	Наименование показателя	Продолжительность, ч.; трудоёмкость, чел.-ч. на машину		
		К-700, К-701, К-744, К-525	ДТ-75, АГРОМАШ, ВТ-180	МТЗ - 80/82, МТЗ- 1221/1222
Ежесменный	Продолжительность	0,72	0,6	0,48
	Трудоёмкость	0,72	0,6	0,48
№1	Продолжительность	2,64	3,24	3,24
	Трудоёмкость	2,64	3,24	3,24
№2	Продолжительность	13,92	7,68	8,28
	Трудоёмкость	13,92	7,68	8,28
№3	Продолжительность	30,24	25,68	23,76
	Трудоёмкость	30,24	25,68	23,76
Сезонный осмотр	Продолжительность	21,96	32,52	4,2
	Трудоёмкость	21,96	32,52	4,2

Результаты и обсуждение. Однако для нашего случая, учитывая возможности предлагаемого комплекса ЦИКБД по безразборной многофункциональной совмещённой диагностике без отрыва трактора от проведения работ можно предположить, что рассматриваемые, теоретически рассчитываемые параметры, в сравнении с серийными, будут снижены на 10-12 процентов за счёт более ранней диагностики и принятия

управленческого решения по проведению необходимого перечня работ, вместо всего комплекса предусмотренных технологических мероприятий.

С учётом того, что теоретически

$$T_{\text{цпэ}} \leq T_{\text{цп}} \leq T_{\text{цпсп}}. \quad (12)$$

а

$$C_{\text{озэ}} \leq C_{\text{озт}} \leq C_{\text{озтп}}. \quad (13)$$

Где $T_{\text{цпэ}}$ – общая продолжительность простоя экспериментального трактора за цикл эксплуатации (до проведения капитального ремонта) при введении предупредительной системы технического обслуживания и ремонта с применением ЦИКБД, $C_{\text{озэ}}$ – общая трудоёмкость при проведении обслуживающих работ экспериментального трактора за цикл эксплуатации (до проведения капитального ремонта) при введении предупредительной системы технического обслуживания и ремонта с применением ЦИКБД

В связи с чем, формулы (3) и (7) для расчёта показателей экспериментального трактора за цикл эксплуатации (до проведения капитального ремонта) при введении предупредительной системы технического обслуживания и ремонта с применением ЦИКБД примут вид

$$C_{\text{озтэ}} = \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ЕО}}} Z_{\text{ЕО}} + 0,1 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-1}}} Z_{\text{ТО-1}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-2}}} Z_{\text{ТО-2}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-3}}} Z_{\text{ТО-3}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{СО-2}}} Z_{\text{СО}} + \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{КО}}} Z_{\text{КО}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТР}}} Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{КР}}. \quad (14)$$

$$T_{\text{цпэ}} = \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ЕО}}} t_{\text{ЕО}} + 0,1 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-1}}} t_{\text{ТО-1}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-2}}} t_{\text{ТО-2}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТО-3}}} t_{\text{ТО-3}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{СО}}} t_{\text{СО}} + \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{КО}}} t_{\text{КО}} + 0,12 \sum_{j=1}^{\text{H}_{\text{ТР}}} t_{\text{ТР}} + t_{\text{КР}} \quad (15)$$

Полученные формульные зависимости позволили сформировать теоретические данные для расчёта, откорректированных норм продолжительности простоя и трудоёмкости технологических операций

при введении предупредительной системы технического обслуживания и ремонта по периодичности технологических воздействий будут увеличены до следующих значений, таблица 3. [7, 8]

Таблица 3 - Откорректированные нормы продолжительности технологических воздействий и трудоёмкости при проведении обслуживающих работ для тракторов

Технический осмотр	Наименование показателя	Продолжительность, ч.; трудоёмкость, чел.-ч. на машину		
		К-700, К-701, К-744, К-525	ДТ-75, АГРОМАШ, ВТ-180	МТЗ - 80/82, МТЗ- 1221/1222
Ежесменный	Продолжительность	0,60	0,50	0,40
	Трудоёмкость	0,60	0,50	0,40
№1	Продолжительность	1,98	2,43	2,43
	Трудоёмкость	1,98	2,43	2,43
№2	Продолжительность	10,21	5,63	6,07
	Трудоёмкость	10,21	5,63	6,07
№3	Продолжительность	22,18	18,83	17,42
	Трудоёмкость	22,18	18,83	17,42
Сезонный осмотр	Продолжительность	16,10	23,85	3,08
	Трудоёмкость	16,10	23,85	3,08

Выводы и заключение. Таким образом коэффициент технического использования для трактора, обслуживаемого при использовании предлагаемого ЦИКБД с использованием ф.(1) может быть рассчитан по формуле

$$K_{\text{трсэ}} = \frac{T_{\text{нс}}}{T_{\text{нс}} + (\sum_{j=1}^{H_{\text{ЕО}}} t_{\text{ЕО}} + 0,1 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-1}}} t_{\text{ТО-1}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-2}}} t_{\text{ТО-2}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-3}}} t_{\text{ТО-3}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{КО}}} t_{\text{КО}} + \sum_{j=1}^{H_{\text{КР}}} t_{\text{КР}} + t_{\text{ТР}})} \cdot \quad (16)$$

Анализ полученных формул (1) и (16) с учётом ф. (15) позволяет утверждать, что

$$K_{\text{трс}} < K_{\text{трсэ}}. \quad (17)$$

Среднее удельное время простоя для наших условий предлагается рассчитать по формульной зависимости

$$t_{\text{упрэ}} = \frac{T_{\text{нс}} + \sum_{j=1}^{H_{\text{ЕО}}} t_{\text{ЕО}} + 0,1 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-1}}} t_{\text{ТО-1}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-2}}} t_{\text{ТО-2}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-3}}} t_{\text{ТО-3}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{СО}}} t_{\text{СО}} + \sum_{j=1}^{H_{\text{КО}}} t_{\text{КО}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТР}}} t_{\text{ТР}} + t_{\text{КР}}}{T_{\text{нс}}}. \quad (18)$$

Оценка полученных формул (4) и (16) с учётом ф. (15) позволяет утверждать, что среднее удельное время простоя для трактора обслуживаемого при использовании предлагаемого ЦИКБД меньше (ф. 18), чем у серийного трактора, используемого при регламентированной системе обслуживания, т.е. подтверждается неравенство $t_{\text{упрэ}} < t_{\text{упр}}$.

Среднюю удельная трудоёмкость для трактора, обслуживаемого при использовании предлагаемого ЦИКБД, с учётом ф.(5) и ф.(14) будет равна выражению

$$Z_{\text{сутэ}} = \frac{\sum_{j=1}^{H_{\text{ЕО}}} Z_{\text{ЕО}} + 0,1 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-1}}} Z_{\text{ТО-1}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-2}}} Z_{\text{ТО-2}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТО-3}}} Z_{\text{ТО-3}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{СО}}} Z_{\text{СО}} + \sum_{j=1}^{H_{\text{КО}}} Z_{\text{КО}} + 0,12 \sum_{j=1}^{H_{\text{ТР}}} Z_{\text{ТР}} + Z_{\text{КР}}}{T_{\text{нс}}}. \quad (19)$$

На основании рассчитанных данных применено графическое сравнение норм проведения для ТО-3 при использовании приведённого математического аппарата, рисунок 1.

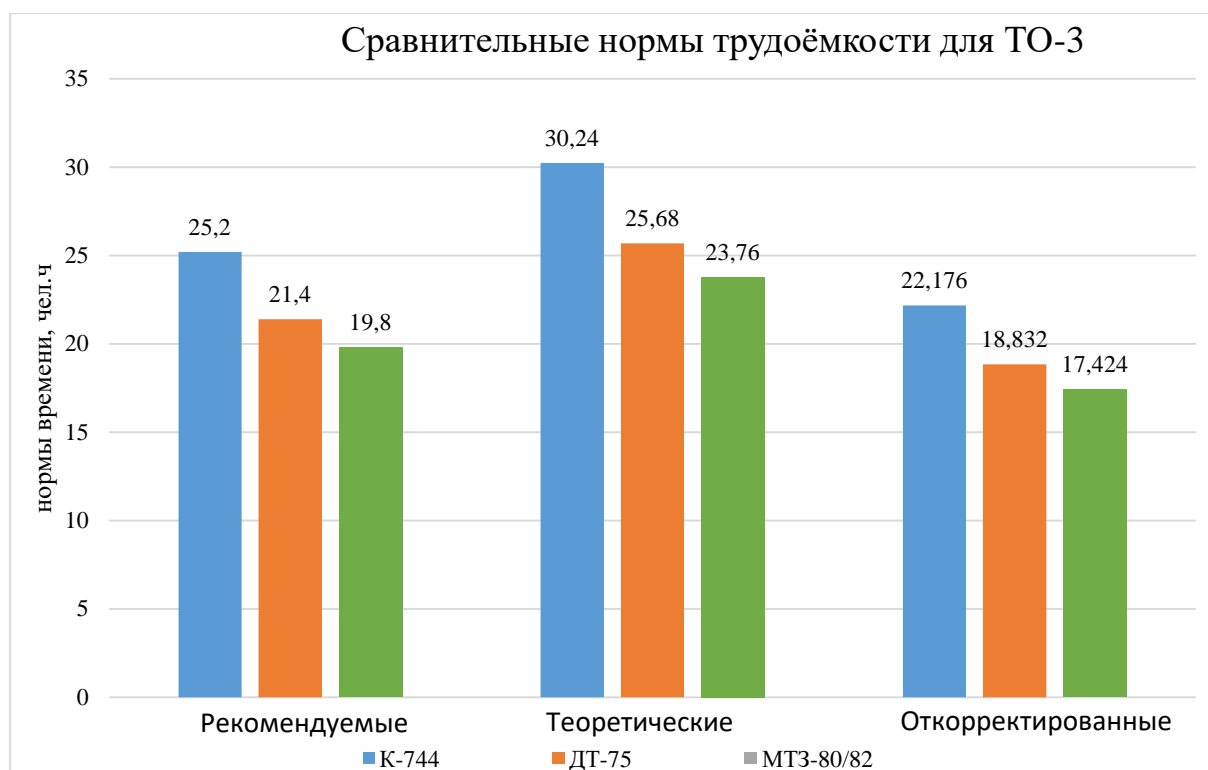


Рисунок 1 - Сравнительные нормы проведения ТО-3, при использовании разных методик

Таким образом получены математические выражения для основных, отражающих эффективность системы технического обслуживания и ремонта на производстве показателей, убедительно доказывающих, что применение предлагаемого цифрового инклинометрического комплекса безразборной диагностики позволяет снизить показатели: общую продолжительность простоя машины (трактора) за цикл эксплуатации, среднее удельное время простоя трактора за цикл эксплуатации, среднее удельное время простоя при проведении технологических воздействий, средняя удельная трудоёмкость технологических операций. При этом повысить коэффициент технического использования трактора. И таким образом улучшить показатели эффективности проведения технологических операций технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка при общем повышении эффективности труда в сельскохозяйственном производстве [6, 7, 8].

Список литературы:

1. Ленский А. В. Специализированное техническое обслуживание машинно-тракторного парка. — М.: Росагропромиздат, 1989 — 236 с.: ил.
2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025662808 Российская Федерация. Программа для комплекса безразборной вибрационной диагностики ВИБРУМ : заявл. 13.05.2025 : опубли. 23.05.2025 / С. С. Ус, Е. Е. Кузнецов ; заявитель общество с ограниченной ответственностью "Вибрум". — EDN QHVFBF.
3. ГОСТ 20793-2023. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. — Введ. 01.07.2023. — М.: Российский институт стандартизации, 2023. — 25 с.
4. Маслов Г.Г. Техническая эксплуатация МТП. (Учебное пособие) /Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Кочкин Е.А./ Кубанский государственный аграрный университет, 2008. — с.142
- 5.Баулин, Н. К. К вопросу о развитии современных способов диагностирования сельскохозяйственной техники / Н. К. Баулин // Наука без границ. — 2021. — № 6(58). — С. 34-39. — EDN NHPFTD.
6. Исследование параметров движения колёсных сельскохозяйственных агрегатов применением кватернионного аппарата фиксации данных / С. С. Ус, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2024. — № 1(105). — С. 142-148. — EDN PZXIRY.
7. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сельскохозяйственных агрегатов / С. С. Ус, Е. В. Маршанин, К. Е. Кузнецов [и др.] // Аграрный научный журнал. — 2023. — № 8. — С. 147-154. — DOI 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. — EDN ZBRLHT.
8. Применение математических методов для разработки ответственных элементов современного диагностического приборного комплекса / С. С. Ус, А. С. Безруков, Е. В. Лоскутова [и др.] // Развитие науки и технологий в современной России : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 31 мая 2025 года. — Москва: Знание-М, 2025. — С. 588-594. — EDN LPXFVM.

References:

1. Lenskij A. V. Specializirovannoe tehničeskoe obslužhivanie mashinno-traktornogo parka. — M.: Rosagropromizdat, 1989 — 236 s.: il.
2. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2025662808 Rossijskaja Federacija. Programma dlja kompleksa bezrazbornoj vibracionnoj diagnostiki VIBRUM : zajavl. 13.05.2025 : opubl. 23.05.2025 / S. S. Us, E. E. Kuznecov ; zajavitel' obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju "Vibrum". — EDN QHVFBF.
3. GOST 20793-2023. Traktory i mashiny sel'skohozjajstvennyje. Tehničeskoe obslužhivanie. — Vved. 01.07.2023. — M.: Rossijskij institut standartizacii, 2023. — 25 s.
4. Maslov G.G. Tehničeskaja jekspluatacija MTP. (Učebnoe posobie) /Maslov G.G., Karabanickij A.P., Kochkin E.A./ Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2008. — s.142
- 5.Baulin, N. K. K voprosu o razvitii sovremennyh sposobov diagnostirovanija sel'skohozjajstvennoj tehniki / N. K. Baulin // Nauka bez granic. — 2021. — № 6(58). — S. 34-39. — EDN NHPFTD.
6. Issledovanie parametrov dvizhenija koljosnyh sel'skohozjajstvennyh agregatov primeneniem kvaternionnogo apparata fiksacii dannyh / S. S. Us, E. E. Kuznecov, S. V.

Shhitov [i dr.] // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2024. – № 1(105). – S. 142-148. – EDN PZXIRY.

7. Primenenie sovremennyh cifrovyh priborov dlja fiksacii parametrov dvizhenija sel'skohozjajstvennyh agregatov / S. S. Us, E. V. Marshanin, K. E. Kuznecov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2023. – № 8. – S. 147-154. – DOI 10.28983/asj.y2023i8pp147-154. – EDN ZBRLHT.

8. Primenenie matematicheskikh metodov dlja razrabotki otvetstvennyh jelementov sovremennogo diagnosticheskogo pribornogo kompleksa / S. S. Us, A. S. Bezrukov, E. V. Loskutova [i dr.] // Razvitie nauki i tehnologij v sovremennoj Rossii : Sbornik materialov XV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Moskva, 31 maja 2025 goda. – Moskva: Znanie-M, 2025. – S. 588-594. – EDN LPXFVM.