

срабатывает и отключает защищаемый участок сети. На первый взгляд кажется очевидным, что, чем меньше  $I_{уст}$ , тем эффективнее УЗО. Однако это справедливо лишь в отношении электрозщитной функции УЗО, так как при прочих равных условиях вероятность возникновения электроtraвм у людей и животных уменьшается. С другой стороны, чем ниже ток уставки, тем выше вероятность ложных отключений, вызванных, например, действием различных электромагнитных помех и естественными (не аварийными) токами утечки. Налицо противоречие между электрозщитной эффективностью УЗО и эффективностью электроснабжения.

В этой связи можно рекомендовать наиболее простой способ определения тока уставки УЗО:

$$I_{уст} = U_{пр.доп} \cdot K_0' / R_{ж}'$$

где  $R_{ж}'$  – электрическое сопротивление тела животного, Ом;  $K_0'$  – коэффициент в комплексной форме, определяющий соотношение между проводимостями относительно земли участков сети, находящихся по обе стороны УЗО дифференциального типа; выражение для этого коэффициента сложно, однако если проводимость участка сети в зоне защиты близка к проводимости незащищенного участка, то

$K_0' \approx 1$ . Приняв электрическое сопротивление тела коровы  $R_{ж}' = 400$  Ом (свиньи 1000 Ом) [8], а  $U_{пр.доп} = 12$  В [3], получим:  $I_{уст} = 30$  мА. Таким образом, устройства защитного отключения в животноводческих помещениях должны быть оснащены розеточные

группы, используемые для подключения переносных электроприборов, ручного электрифицированного инструмента с номинальным отключающим дифференциальным током УЗО (током уставки  $I_{уст}$ ) не более 30 мА. Для обеспечения пожарной безопасности ферм с целью контроля состояния всей электропроводки на вводном распределительном щите целесообразно установить УЗО с током уставки 300 мА. На передвижных электроустановках рекомендуется применять устройства в качестве индивидуальной защиты с током уставки 10 мА.

### Выводы

1. Для эффективной защиты от поражения электрическим током в животноводческих помещениях необходимо использовать в едином комплексе зануление электрооборудования (система TN-C-S), выравнивание и уравнивание электрических потенциалов, защитное отключение при одновременном применении оболочек электрооборудования не ниже класса IP 35.

2. Рассмотрены основные зависимости успешного срабатывания системы зануления при пробое напряжения на открытые проводящие части, которая, однако, при определенных аварийных режимах будет неэффективной.

3. Выполненные на примере коровника расчеты показывают, что выравнивание потенциалов путем использования стержневых заземлителей с определенным разрежением их установки от периферии к центру помещения (как это рекомендуется руководящими

документами) при удельном электрическом сопротивлении грунта более 60 Ом·м, может оказаться не эффективным.

4. Целесообразно использование устройств защитного отключения дифференциального типа с токами уставки для разных объектов защиты в животноводческих помещениях 10, 30, 300 мА.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30331.3-95. Электроустановки зданий. Защита от поражения электрическим током.-15 с.
2. Правила устройства электроустановок. |Минэнерго РФ 7-е изд. Раздел 1 и 7 – М.: НЦ Энас, 2002.-171 с.
3. РД РБ 02150.007-99. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Выравнивание электрических потенциалов. Общие технические требования.-27с.
4. Федорчук А.И. Устройства выравнивания электрических потенциалов на животноводческих фермах. –Мн.: БГАТУ, 2002.-25 с.
5. Федорчук А.И., Цвирко Л.Ю. Устройства защитного отключения. -Мн.: БГАТУ, 1996.- 17с.
6. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергия, 1989.-408с.
7. Федорчук А.И., Филянович Л.П., Милаш Е.А. Охрана труда при эксплуатации электроустановок |Под ред. А.И. Федорчука –Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2003. -259 с.
8. Луковников А.В., Шкрабак В.С. Охрана труда -М.: Агропромиздат, 1991. -320 с.

УДК 629.114.2.073

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

А.И. ЯКУБОВИЧ, д.т.н., М.А. СОЛОНСКИЙ, к. т. н. (УО БГАТУ)

Тракторы Минского тракторного завода до 1990 г. устойчиво занимали одну из ячеек типажа

тракторов, разработанного НАТИ. Заводом выпускались универсально-пропашные тракторы класса 1,4

с колесной формулой 4К2, 4К4 и 3К2. Высокие тяговые и экономические показатели в совокуп-

ности с надежностью и комфортными условиями работы тракториста сформировали высокие потребительские свойства тракторов как внутри страны, так и на зарубежных рынках. Достаточные тяговые свойства тракторов позволяли использовать их круглый год в широком диапазоне сельскохозяйственных работ, на транспорте и в других отраслях хозяйствования.

После 1990 г. года многие тракторные заводы бывшего Союза сократили или вообще прекратили производство тракторов. Типаж тракторов в реальности перестал существовать. Заводы, продолжавшие выпускать тракторы, начали вести собственную политику разработки и выпуска тракторной техники, ориентируясь на потребности рынка. Минский тракторный завод разработал и освоил производство тракторов большой мощности.

На заводе сформированы три достаточно развитые гаммы тракторов: мини- и малогабаритные тракторы мощностью от 16 до 44 кВт, универсально-пропашные средней мощности от 44 до 110 кВт и высокоэнергонасыщенные тракторы общего назначения с учетом перспектив их разработки мощностью от 132 до 220 кВт. Следует отметить, что потребительские свойства тракторов Минского тракторного завода были сформированы в начальной концепции построения трактора «Беларус»: полурамная конструкция остова, колесная ходовая система с шинами низкого давления и возможностью привода на все колеса, передний ведущий мост portalного типа, раздельно-агрегатная гидравлическая система управления и регулирования агрегируемых машин, безопасная звукоизолированная кабина и другие конструкторские решения. Тяговые свойства обеспечивают выверенными значениями мощности двигателей, массовых параметров в совокупности с применяемыми типами шин ходовых систем.

К началу 90-х годов завод выпускал универсально-пропашные тракторы в диапазоне мощности от 40 до 77 кВт, а также гамму малогабаритных тракторов в диапазоне мощности от 16 до 24 кВт. Тракторы каждого диапазона имели базовые модели, которые дополнялись модификациями специального назначения, образуя развитое семейство тракторов.

В новых условиях хозяйствования разработка одного отдельно взятого трактора без прогнозирования перспектив развития полной гаммы является нерациональной и бесперспективной. Результатом прогнозирования явилась разработка типоразмерного ряда тракторов «Беларус», включающего выпускаемые модели тракторов, разрабатываемые и прогнозируемые к разработке. Разработка типоразмерного ряда тракторов проводилась с учетом концепций использования трактора – тяговой, тягово-энергетической и энергетической. Типоразмерный ряд тракторов «Беларус» может и должен явиться основой развития средств энергетики и механизации аграрного сектора как республики, так и других стран СНГ.

Тракторы сельскохозяйственные для согласования их работы с сельскохозяйственными машинами и орудиями классифицируются. Совокупность тракторов, классифицированных по одному признаку, называют типоразмерным рядом. В качестве классификационного признака принимается либо тяговое усилие, либо тяговая мощность [2,7]. Тяговое усилие  $P_{кр}$  в качестве классификационного признака было предложено еще в 1941 г. группой ведущих специалистов в области тракторостроения во главе с Давидом Абрамовичем Чудаковым. Предложенный классификационный признак был принят в основу типажа тракторов, выпускаемых многими заводами бывшего Союза.

В функции от тягового усилия

можно выразить тягово-динамические (тяговая мощность, скорость, буксование, тяговый КПД) и топливно-экономические (часовой и удельный расход топлива) показатели. В качестве оценочной классификационной точки принимается номинальное

тяговое усилие  $P_{кр.ном.}$ . Международной системой машин [1] определено, что трактор должен работать с наибольшей экономичностью при значении буксования не более 18% с ходовой системой 4К2, 16% - 4К4 и 5% - с гусеничной ходовой системой. Точка наибольшей экономичности при работе трактора находится в зоне максимального значения тягового КПД. Исходя из изложенного, следует, что классификационная точка

$P_{кр.ном.}$  находится в диапазоне тяги между максимальным значением тягового КПД и агротехнически допустимым буксованием. Следует отметить, что ГОСТ 24096-80 уточняет агротехнически допустимое буксование при определении,  $P_{кр.ном.}$ , устанавливая для тракторов с ходовой системой 4К2 значение буксования 16%, 4К4 – 14% и для гусеничных тракторов – 3%.

По величине тягового усилия  $P_{кр.ном.}$  устанавливается класс трактора [2]. Тракторы сельскохозяйственные по типуажу НАТИ разделены на десять классов (0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8).

В международной практике для классификации тракторов используется конструктивный признак трактора – категория навесного устройства. Категория навесного устройства устанавливается на тракторе по значению максимальной тяговой мощности, полученной при испытании трактора в соответствующей комплектации и при определенных условиях испытаний. По стандартам ИСО 730/1 и ИСО 730/2 – 82 устанавливаются четыре категории навесного устройства. Расчетами проведено сопоставление этих

классификационных признаков тракторов, включенных в типаж [3]. Так, например, трактор класса 1,4 может иметь 1 и 2 категорию навесного устройства.

Какой из признаков классификации трактора является более приемлемым, более рациональным? Во-первых в работе [3] отмечается,

что классификация по  $P_{кр.ном.}$  не отражает функцию трактора как мобильного источника энергии, что особенно важно при тягово-энергетической и энергетической концепциях его использования. Во-вторых, конечный потребитель трактора, а это может быть фермер, арендатор или другой пользователь, может и не знать, что такое номинальная сила тяги, ее значение у применяемого трактора. Ему необходим другой параметр или признак трактора, по которому он мог бы безошибочно агрегатировать его с машинами и орудиями. Таким, более рациональным для потребителя, следует полагать, является признак классификации трактора по категории навесного устройства, когда на трактор можно навесить машину или орудие, имеющее аналогичное навесное устройство. Классификационный признак  $P_{кр.ном.}$  необходим в большей степени разработчикам тракторов, чтобы иметь параметр для расчетов при составлении типажей, типоразмерных рядов разрабатываемой техники или специалистам для составления оптимальных агрегатов трактора и орудий. Тягово-сцепные свойства и скоростные качества, экономичность проектируемого трактора закладываются на этапе разработки технического задания. Первоначально они оцениваются при расчете и анализе теоретической тяговой характеристики. Тяговая характеристика служит для совокупной оценки превращаемых энергетических затрат в работу. Критериями оценки работы являются сила тяги и скорость.

Зависимость между силой тяги и скоростью выражается формулой:

$$N_{кр} = V_p P_{кр}.$$

График этой зависимости при постоянной скорости ( $V_p = const$ ) выражается уравнением прямой:

$$y = kx,$$

где  $k$  - угловой коэффициент наклона графика функции к оси абсцисс. Из рассмотрения этих уравнений следует, что  $k = /V_p /$ .

Отношение  $\frac{N_{кр}}{P_{кр}}$  характеризует энергетические затраты на получение единицы силы тяги. Указанное отношение, принятое при постоянной скорости, назовем коэффициентом энергетических затрат и обозначим  $\varepsilon_{кр}$ . Так как

$N_{кр} = \varepsilon_{кр} P_{кр}$ , коэффициент энергетических затрат по значению равен рабочей скорости  $\varepsilon_{кр} = /V_p /$ . Следовательно, рабочую скорость можно рассматривать как меру энергии, затрачиваемой на создание единицы силы тяги в кВт/кН. Поскольку функция  $N_{кр}$  ( $P_{кр.ном.}$ ) прямолинейна при постоянной скорости, принимаем гипотезу о том, что значение скорости движения, выраженное в метрах в секунду, есть значение коэффициента энергетических затрат  $\varepsilon_{кр} = |V_p|$  на создание силы тяги.

Проведенный анализ экспериментальных и расчетных тяговых характеристик показывает, что тракторы "Беларус" мощностью 44 кВт и более обеспечивают номинальную силу тяги при скорости 8...9 км/ч. Следовательно, коэффициент энергетических затрат на создание номинального значения силы тяги составляет 2,22...2,50 кВт/кН. Коэффициент полных энергетических

затрат учитывает потери на перекатывание, буксование, потери в трансмиссии и равен  $\varepsilon_{экс} = \varepsilon_{кр} / \eta_T$ .

Приняв по результатам анализа  $\eta_T = 0,6$ , коэффициент

$\varepsilon_{экс} = 3,7...4,17$  кВт/кН. Малогабаритные тракторы имеют при номинальной силе тяги оптимальную рабочую скорость 6...7 км/ч, коэффициенты энергетических затрат, соответственно, равны

$$\varepsilon_{кр} = 1,67...1,94 \text{ кВт/кН и}$$

$$\varepsilon_{экс} = 2,78...3,23 \text{ кВт/кН. На рис. 1}$$

приведены графики функций  $N_{кр}$

( $P_{кр.ном.}$ ) при скорости 6 и 8 км/ч, на которые нанесены значения номинальной силы тяги классов тракторов. Сила тяги номинальная каждого класса имеет пределы минимального и максимального значения или диапазон

$$P_{кр.макс} - P_{кр.мин}.$$

Этот диапазон формируется принятым при формировании типоразмерного ряда тракторов "Беларус" допуском. Принято, что

$$P_{кр.мин} = 0,9 P_{кр.ном} \text{ и}$$

$$P_{кр.макс} = 1,25 P_{кр.ном} \text{ по всем классам тракторов и только в классе 0,3 для}$$

$$\text{мотоблоков } P_{кр.макс} = 1,4 P_{кр.ном}.$$

Ординаты, восстановленные из крайних точек максимального и минимального значений силы тяги, в точках пересечения с графиком функции  $N_{кр}$  ( $P_{кр.ном.}$ ) определяют пределы крюковой мощности каждого класса.

На указанные графики нанесены точки, соответствующие номинальной силе тяги выпускаемых и разрабатываемых тракторов. Полученная графическая интерпретация типоразмерного ряда тракторов "Беларус" показывает, что тракторы кл.1,4 и 2,0 не имеют дискретного промежутка, между тракторами кл.2,0 и 3,0 дискретный промежуток равен 2,0 кН, а между тракторами кл.3,0 и 5,0 дискретный промежуток составляет 7,5кН.

Следует полагать, что этот дискретный промежуток может быть заполнен трактором мощностью 150...160 кВт с номинальной силой тяги 40 кН. Графическая интерпретация малогабаритных тракторов, построенная при скорости 6 км/ч, показывает, что между классами тракторов отсутствуют дискретные промежутки по тяге и трактор МТЗ-620 при принятой скорости находится в кл. 1,4.

Коэффициент энергетических затрат, следует полагать, является универсальным показателем для анализа и расчета мощностных и тяговых параметров трактора. Например, предварительный расчет трактора мощностью 220 кВт при агротехнической скорости, равной 8 км/ч., соответственно, коэффициенте энергетических затрат, равном 2,22 кВт/кН и тяговом КПД - 0,6, определяет значение силы тяги трактора равное  $P_{кр.ном} = 49,6$  кН.

Номинальная сила тяги рассчитывается и принимается из условия обеспечения работы трактора в агрегате с орудием, требующим наибольшее тяговое усилие. В качестве такого орудия еще Давидом

Абрамовичем Чудаковым предложен плуг. Усилие, требуемое от трактора при работе с плугом, приравнивается к сопротивлению почвы при вспашке:

$$F_{пл} = BHif_{пл}$$

где  $B$  – ширина захвата одного корпуса плуга, м;

$H$  – глубина вспашки, м;

$i$  – число корпусов, шт.;

$f_{пл}$  – удельное сопротивление почвы, кН/м<sup>2</sup>.

Удельное сопротивление почвы в зависимости от агрофонов может изменяться от 30,4 до 78,5 кН/м<sup>2</sup>, на наиболее применяемых агрофонах составляет не менее 58,8 кН/м<sup>2</sup>. Но это значение удельного сопротивления не остается постоянным, под воздействием ходовых систем тракторов на почву в ходе рабочего процесса плотность ее увеличивается, что увеличивает сопротивление плуга при вспашке. В табл. 1 приведены тяговые сопротивления машинно-тракторных

агрегатов (МТА) при выполнении основных сельскохозяйственных работ с тракторами различных классов [4]. Режимы работы агрегатов принимаются в зависимости от удельного сопротивления и требуемой глубины обработки почвы.

Тяговое усилие трактора при заданном тяговом сопротивлении не постоянно и зависит от скорости МТА при выполнении работы. Применяемые скоростные сельхозмашины рассчитаны для работы в диапазоне рабочих скоростей 9...15 км/ч. Мощность трактора при выполнении сельскохозяйственных работ наиболее эффективно используется на скоростях 9...12 км/ч, при которых тяговое усилие трактора близко к номинальному и тяговый КПД трактора на этих скоростях наибольший. В табл. 2 приведены рекомендуемые рабочие скорости при выполнении различных видов сельскохозяйственных работ с тракторами в составе со скоростными сельхозмашинами [4].

Для согласования трактора с сельхозмашинами построим номограмму (рис. 2) функции  $N_{кр}$  ( $P_{кр.ном}$ ) при скоростях от 3 до 40

км/ч. На эту номограмму нанесем типоразмерный ряд тракторов “Беларус”, приняв в качестве параметра согласования номинальное тяговое усилие при рабочей скорости 8 км/ч для тракторов мощностью от 44 до 184 кВт и при скорости 6 км/ч для малогабаритных тракторов. Приняв (табл. 1) значения тягового сопротивления и скорости (табл. 2), путем графических построений определим потенциальную возможность выполнения работы той или иной моделью трактора. Например, тяговое сопротивление 8-ми корпусного плуга равно 45,6 кН. определим модель трактора, в составе с которым пахоту с принятым плугом можно выполнить с наибольшей скоростью. Проведя графические построения (рис. 2), определим, что с наибольшей скоростью пахота может быть выполнена в агрегате с трактором МТЗ-2522. Однако из

### 1. Тяговое сопротивление МТА при выполнении сельскохозяйственных работ [4]

Вид работ	Удельное сопротивление почвы, кН/м <sup>2</sup>	Глубина обработки, см	Номинальное тяговое усилие, кН	Применяемое орудие	Тяговое сопротивление, кН
Обработка почвы пахотными агрегатами	50,0 - 58,9	25 - 27	14	Плуг, количество корпусов шт. 3	12,5 - 14,5
			30	Колесное плуг, количество корпусов шт. 6	28,9 - 33,5
			50	Колесное плуг, количество корпусов шт. 8	39,1 - 45,6
			50	Колесное плуг, количество корпусов шт. 9	43,7 - 51,0
Культивация и боронование		8 - 10	14	Культиватор	9,4 - 10,6
			30	КПС-4 с бороном	17,3 - 20,4
			50	БЗСС-1,0	37,7 - 42,4
Посев зерновых			14	Сейка СЗ-3,6 2 шт., ширина захвата 7,2 м	10,6
			30	4 шт., ширина захвата 14,4 м	28,2
			50	6 шт., ширина захвата 21,6 м	42,4

номограммы следует, что эту работу можно выполнить и трактором МТЗ-1822 со скоростью 6 км/ч, а также трактором МТЗ-1522 со скоростью 5 км/ч. Из номограммы также следует, что предельно допустимая скорость пахоты трактором МТЗ-2522 равна 8,7 км/ч при тяговом сопротивлении 45,6 кН. На рис. 2 аналогичные построения приведены и для работы трактора с культиватором и боронами при тяговом сопротивлении 42,4 кН. Наибольшая скорость культивации агрегата в составе с трактором МТЗ-2522 равна 9,2 км/ч при тяговом сопротивлении 42,4 кН.

Использование номограммы (рис. 2) позволяет по заданному значению тягового сопротивления сельскохозяйственного орудия определять потенциальную возможность применения конкретной модели трактора и скорость выполнения сельскохозяйственной работы, а также решать другие задачи, в том числе определять тяговое усилие при выполнении работы разными моделями тракторов. Например, транспортные работы при скорости 25 км/ч могут быть выполнены тракторами МТЗ-2522 и МТЗ-1822 при возможном тяговом усилии, соответственно, 19,5 и 11,5 кН.

### Выводы

1. Номограмма, построенная на основе коэффициента энергетических затрат, позволяет оценивать возможность использования трактора в агрегате с машинами и орудиями по тяговому сопротивлению и скорости выполнения работ.

2. Типоразмерный ряд тракторов «Беларус», состоящий из мини- и малогабаритных тракторов, универсально-пропашных и тракторов общего назначения, способен обеспечивать полный спектр сельскохозяйственных работ в агрегате с высокоскоростными сельскохозяйственными машинами и орудиями как по назначению, так и по диапазону агротехнических скоростей.

## 2. Рекомендуемые рабочие скорости движения и энергетические затраты при выполнении сельскохозяйственных работ МТА [4]

Вид с.х. работ	Диапазон рабочих скоростей, км/ч	Коэффициент энергетических затрат, кВт/кН
Сплошная обработка почвы (пахота, боронование, культивация)	8...12	2,22...3,33
Внесение удобрений	8...12	2,22...3,33
Посев (посадка)		
- зерновых	8...14	2,22...3,89
- кукурузы	8...12	2,22...3,33
- картофеля	6...10	1,67...2,78
Обработка междурядий:		
- культивация кукурузы	8...12	2,22...3,33
- рыхление междурядий свеклы	8...10	2,22...2,78
- окучивание картофеля	8...12	2,22...3,33
Уборочные работы:		
- кукурузы на зерно	7...10	1,94...2,78
- картофеля	6...9	1,67...2,5
- свеклы	7...10	1,94...2,78
Заготовка кормов:		
- трава на сено	8...12	2,22...2,78
- кукурузы на силос	7...12	1,94...3,33
Работы противоэрозионные		
Снегозадержание	8...12	2,22...3,33
Транспортные работы	10...25	2,78...6,94

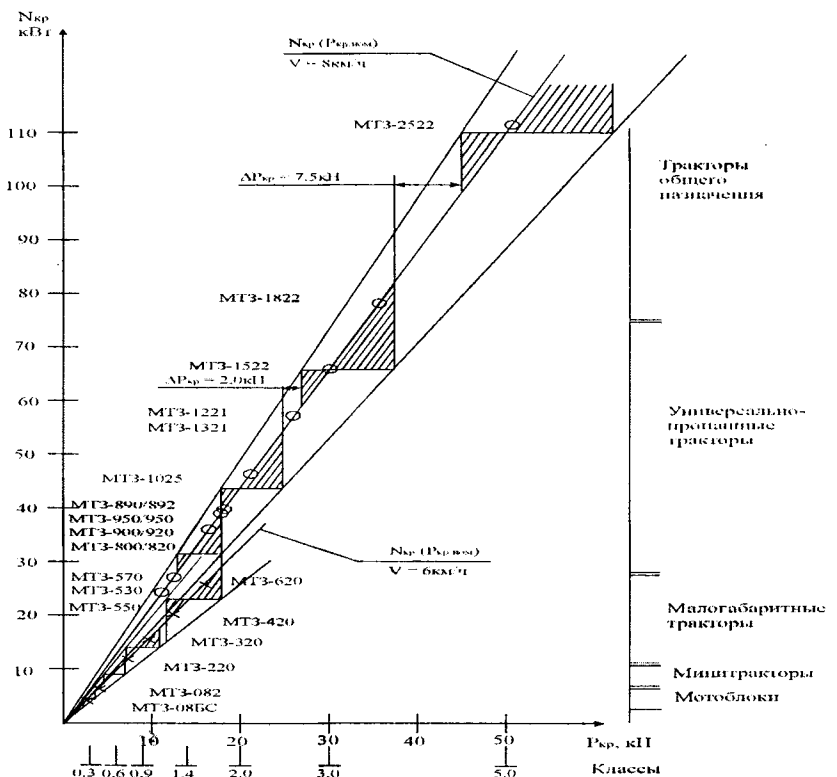


Рис. 1. Типоразмерный ряд тракторов «Беларус».

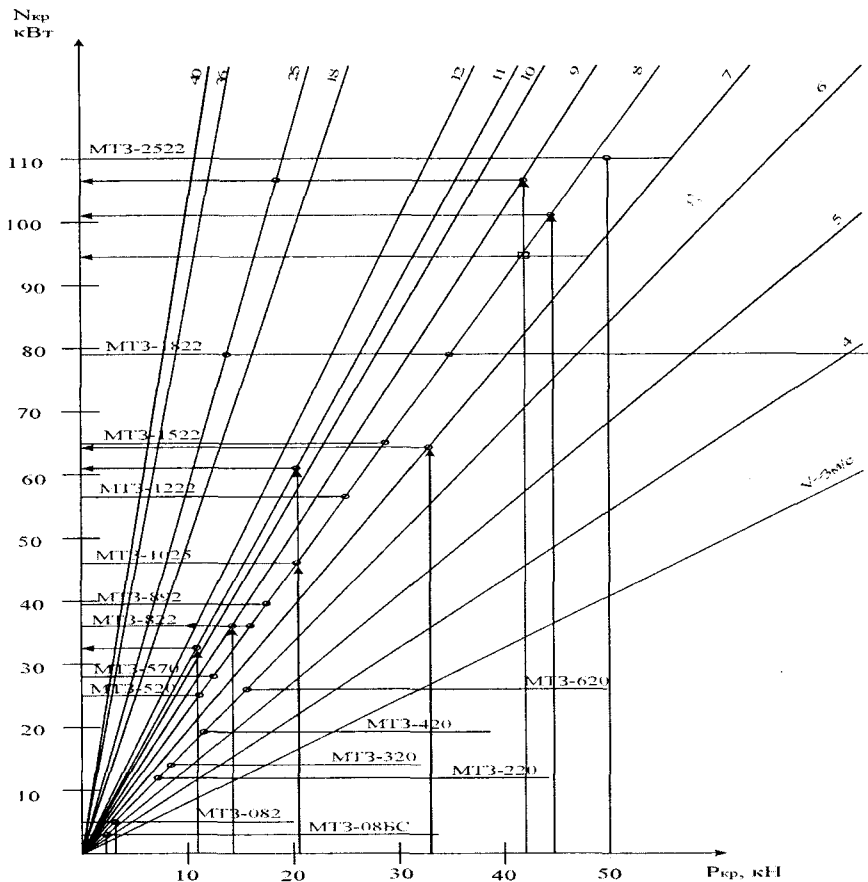


Рис. 2. Номограмма использования тракторов «Беларус» при выполнении сельскохозяйственных работ.

1. Международная система машин для комплексной механизации сельского хозяйства. Тракторы. -М. СЭВ, 1981.
2. ОСТ 23.1.89-92. Усилие тяговое номинальное сельскохозяйственных тракторов. Метод определения.
3. Парфенов А.П. Развитие системы классификации сельскохозяйственных тракторов. "Тракторы и сельхозмашины" №10, 1985, с.9.
4. Поляк А.Я., Антышев Н.М., Антонов А.П., Пейсахович Б.И. и др. Скоростная сельскохозяйственная техника. Альбом-справочник. -М. Россельхозиздат, 1977.
5. СТ СЭВ 628-07. Тракторы гусеничные колесные. Тяговые классы.
6. Трепененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. -М., "Машиностроение", 1963.
7. Grecenco A. A Systematic tractor range - The Agricultural Engineer Autumn., 1974. S/ 80-85.

## СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО НАПРЯЖЕНИЯ

Г. И. ЯНУКОВИЧ, профессор, к. т. н., В. М. ЗБРОДЫГО (УО БГАТУ)

Значения показателей качества электроэнергии зависят от структуры нагрузок электрической сети и режима работы электроприемников. Так, большой удельный вес однофазных нагрузок может вызвать несимметрию напряжений вследствие неравномерной загрузки фаз, нелинейные элементы электрических систем вызывают возникновение высших гармоник тока и напряжения, асинхронные электродвигатели большой мощности при запуске или при неравномерном

режиме нагрузки вызывают колебания напряжения, одновременная работа многих электроприемников в часы максимума нагрузок или недогрузка электрической сети вызывает отклонения напряжения от номинального значения и т. д. Вопросы состояния качества электроэнергии и его влияния на работу элементов сети и электроприемников применительно к сетям сельскохозяйственного назначения до сих пор являются

наименее изученными. Для теоретического анализа этой проблемы необходимо накопление экспериментальных данных о значениях показателей качества электроэнергии в сетях сельскохозяйственного назначения и данных о структуре нагрузок в этих сетях. Для решения вопросов, связанных с прогнозированием, необходим обширный материал о динамике изменения электрических нагрузок, изменении доли отдельных элементов электрической сети (в том