

PROMISING WAYS TO IMPROVE SAFETY NON-STATIONARY ELECTRIC MACHINES**Eremina T. V., Shanygin I. A., Galeguzova I. A.***East Siberian State University of Technology and Management
Ulan-Ude, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: irina.hmeleva@yandex.ru

Received 17.02.2024

Submitted 17.05.2024

Abstract

Introduction. The widespread use of non-stationary electric machines (SPM) in the rural infrastructure, which are operated in specific conditions, is associated with the impact of hazardous factors on humans, such as electric current and vibration. Therefore, the solution to the problem of SPM safety should be comprehensive in order to reduce the occurrence of electrical injuries and vibration injuries when working with this electrical equipment. **Object.** The object of the study is the SPM used at the enterprises "Agroholding Nikolaevsky" and "SIBAGRO" of the Republic of Buryatia of the Baikal region. **Materials and methods.** The article analyzes the safety of SPM by two methods in two areas of research: electrical safety and vibration safety. At this stage, when operating the SPM, it is advisable to use residual current devices (RCDs) to ensure electrical safety, which provide protection of a person from electric shock in the event of emergencies. To ensure vibration safety of SPM, in particular, hand-held power tools, it is advisable to use advanced vibration protection. Existing means of vibration protection do not fully ensure the vibration safety of hand-held power tools and can cause vibration damage to a person working with this equipment. **Results and discussion.** As a result of the studies performed, portable three-phase RCDs with smooth and step-by-step regulation of the tripping current setpoint from 5 to 30 mA with a response time of 0.03 s were developed to improve the electrical safety of SPMs. These RCDs protect single SPMs and can protect stationary electrical installations in group networks at a rated voltage of 220/380V and a load current of no more than 16A. Showing a reduction in the occurrence of electrical injuries by up to 70%. In order to improve the vibration safety of the SPM, additional vibration protection devices have been developed, which represent the design of a shock-absorbing device in a hand-held power tool. When substantiating the elements of the shock-absorbing device, the parameters of the hand-held power tool were studied without additional vibration protection. Experimental operation of hand-held power tools with additional vibration protection showed a significant reduction in vibration parameters by 20÷30% and compliance of vibration speed values with regulatory requirements. The above approach to solving the problem contributes to a significant increase in the safety of SPM and their subsequent operation at agricultural facilities.

Keywords: *electrical installations, non-stationary electrical machines, electrical injuries, vibration damage, residual current device, vibration protection.*

Citation. Eremina T. V., Shanygin I. A., Galeguzova I. A. Promising ways to improve safety non-stationary electric machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 3(75). 349-357 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2024-03-40.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 658.382.3.651.1

**О ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБАХ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН****Ерёмина Т. В., доктор технических наук, профессор ВАК
Шаныгин И. А., кандидат технических наук, доцент
Галегузова И. А., старший преподаватель***ФГБОУ ВО Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
г. Улан-Удэ, Российская Федерация*

Актуальность. Широкое применение в инфраструктуре села нестационарных электрических машин (НЭМ), эксплуатирующихся в специфических условиях, связано с воздействием на человека опасных факторов, таких как электрический ток и вибрация. Поэтому решение проблемы безопасности НЭМ должно быть комплексным для снижения возникновения электротравматизма и вибропоражений при работе с данной электротехникой. **Объект.** Объектом исследования являются НЭМ, используемые на предприятиях «Агрохолдинг Николаевский» и «СИБАГРО» Республики Бурятия Бай-

кальского региона. **Материалы и методы.** В статье выполнен анализ безопасности НЭМ двумя методами в двух направлениях исследования: электробезопасности и вибробезопасности. На данном этапе при эксплуатации НЭМ для обеспечения электробезопасности целесообразно использовать устройства защитного отключения (УЗО), обеспечивающие защиту человека от поражения электрическим током при возникновении аварийных ситуаций. Для обеспечения вибробезопасности НЭМ, в частности ручного электроинструмента целесообразно использовать усовершенствованные средства виброзащиты. Существующие средства виброзащиты не в полной мере обеспечивают вибробезопасность ручного электроинструмента и могут явиться причиной возникновения вибропоражения человека, работающего с данной техникой. **Результаты и обсуждение.** В результате выполненных исследований для повышения электробезопасности НЭМ разработаны переносные трёхфазные УЗО плавного и ступенчатого регулирования уставки тока срабатывания от 5 до 30 мА с временем срабатывания 0,03 с. Данные УЗО выполняют защиту одиночных НЭМ и могут выполнять защиту стационарных электроустановок в групповых сетях при номинальном напряжении 220/380 В и токе нагрузки не более 16 А. Определена электрозащитная эффективность УЗО, показывающая снижение возникновения электротравматизма до 70%. Для совершенствования вибробезопасности НЭМ разработаны дополнительные виброзащитные средства, представляющие конструкцию амортизационного устройства в ручном электроинструменте. При обосновании элементов амортизационного устройства проведены исследования параметров ручного электроинструмента без дополнительной виброзащиты. Экспериментальная эксплуатация ручного электроинструмента с дополнительной виброзащитой показала значительное снижение параметров вибрации на 20÷30% и соответствие значений виброскорости нормативным требованиям. Приведённый подход к решению проблемы способствует значительному повышению безопасности НЭМ и их последующей эксплуатации на объектах сельского хозяйства.

Ключевые слова: электроустановки, нестационарные электрические машины, электротравмы, вибропоражение, устройство защитного отключения, виброзащита.

Цитирование. Ерёмкина Т. В., Шаныгин И. А., Галегузова И. А. О перспективных способах повышения безопасности нестационарных электрических машин. *Известия НВ АУК.* 2024. 3(75). 349-357. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях развитие села связано с ростом объемов производства при внедрении высокотехнологичных технологий, выпуском разнообразной сельскохозяйственной продукции, что соответствует использованию большого номенклатурного перечня электрических установок, механизмов, машин, в том числе бытовой электротехники. Поэтому решение вопросов безопасности на объектах агропромышленного комплекса (АПК), а также среди населения приобретает высокую значимость и актуальность. Законодательным актом (Приказ № 926 от 28 декабря 2021 г.) предусматривается проведение мероприятий по снижению рисков опасности электроустановок при создании системы управления рисками и проведению организационных и технических мероприятий [1]. В сельской местности на любом объекте, а также в быту имеют широкое использование средства малой механизации, в частности нестационарные электрические машины (НЭМ): передвижные, переносные и ручной электроинструмент. Ручной электроинструмент особенно часто применяется при выполнении многих операций, и его доля составляет 60-70% от всех НЭМ [2]. С точки зрения электробезопасности работы с НЭМ выполняются в сложных условиях, а именно, на железобетонном полу или на земле, при наличии в воздушной среде повышенной влажности, агрессивных сред, что является потенциальной опасностью возникновения электротравм среди людей, а также травмирования сельскохозяйственных животных [3].

В соответствии со статистическими данными при эксплуатации электроустановок, а также НЭМ случаи электротравмирования людей не единичны в помещениях и на территории предприятий, фермерских хозяйствах, в бытовых условиях и др. [4]. Основной причиной несчастных случаев является незнание правил технической безопасности или игнорирование их, особенно такое негативное положение складывается в жилом секторе с приусадебными постройками. Отсюда следует, что НЭМ по безопасности использования должны отвечать высоким требованиям. Особенно это касается питающего кабеля, потому

что не исключены перегибы, скручивания его, изоляция может быть повреждена. Возникает травмоопасная ситуация попадания человека под действие напряжения, по его телу будет протекать электрический ток, исход может быть летальным.

В свою очередь, следует обратить внимание на тот факт, что при работе с НЭМ человек подвержен воздействию вибрации. Причем при использовании ручного электроинструмента через руки на тело человека передается самая опасная локальная вибрация. На основании исследований 70% возникающих вибропоражений связано с применением ручного механизированного инструмента [5]. Отсюда следует, что несчастные случаи, такие как электротравмы и вибропоражения, т.е. профессионально обусловленная заболеваемость, являются последствиями эксплуатации НЭМ, возникающими при недостаточном устранении опасных факторов и отсутствии единого подхода к рассмотрению проблемы техногенной безопасности НЭМ, определяемой состоянием электробезопасности и условиями вибробезопасности.

Проводя анализ, следует обратить внимание на тот факт, что одними из самых опасных факторов, оказывающих влияние на возникновение электротравмы, являются индивидуальные особенности организма человека и состояние окружающей среды. Кроме того, вибрация оказывает отрицательное воздействие на человека, увеличивает степень риска появления несчастных случаев [6]. Отсюда следует, что решение проблемы безопасности при работе с НЭМ должно быть комплексным для снижения электротравматизма и вибропоражений и является важной социальной задачей.

Таким образом, целью исследования является повышение безопасности электроустановок на основе разработки превентивных мер электрической защиты и средств вибрационной защиты НЭМ.

Материалы и методы. Для обеспечения безопасности авторами проведены исследования по применению НЭМ в сельской местности на объектах «Агрохолдинг «Николаевский»» и «СИБАГРО» Республики Бурятия Байкальского региона.

Научная работа выполнялась в двух направлениях: первое – исследование электробезопасности НЭМ; второе – исследование вибробезопасности НЭМ.

Анализ первого направления: исследование электробезопасности при эксплуатации НЭМ.

В Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) отмечено, что при работе с электроустановками для обеспечения безопасности в аварийных режимах целесообразно применение устройств защитного отключения (УЗО), обеспечивающих отключение аварийного участка, во избежание возникновения травмоопасной ситуации. УЗО отключает электроустановку при прикосновении человека к токоведущим частям с поврежденной изоляцией или при прикосновении к корпусу, оказавшемуся под напряжением при наличии связи с землей [7]. Являясь multifunctional, УЗО обеспечивают защиту человека от поражения электрическим током, а также защиту от пожаров при длительном протекании токов утечки на землю [8]. Основными техническими характеристиками УЗО являются чувствительность защиты (величина уставки срабатывания) и быстродействие (время срабатывания), немаловажным параметром является наличие самоконтроля исправности.

Анализ второго направления: исследование вибробезопасности при эксплуатации НЭМ.

Проводя анализ вибропоражений операторов мобильной электротехники, следует обратить внимание на применение её при наличии малоэффективной или недостаточно совершенной виброзащиты НЭМ.

При использовании НЭМ, в частности ручного электроинструмента, человек подвержен постоянному воздействию локальной вибрации, которая оказывает негативное влияние на его нормальную жизнедеятельность, особенно на психическое состояние [9]. Отсюда следует, что вибрация, также как электрический ток, будет опасным и вредным фактором для здоровья человека. Значит, обеспечение вибробезопасности НЭМ, с точки зрения практицизма, является весьма важной задачей.

Таким образом, анализ показывает, что электротравмы и вибропоражения связаны с недостаточным обеспечением безопасности работы с НЭМ и отсутствием единого подхода к рассмотрению данной проблемы [10, 11].

Результаты. Первое направление исследования.

Проведенные исследования применения переносных УЗО с уставками срабатывания 10 и 30мА при подключении их к питающему кабелю НЭМ показывают значительное повышение безопасности, в частности самого распространенного в применении ручного электроинструмента.

Авторами разработаны конструкции трехфазных УЗО с уставками тока срабатывания от 5мА до 30мА, временем срабатывания 0,03с. типа ВДТ-Р (УЗО-розетка) плавного регулирования (Патент №212570, РФ, МПК Н01Н 83/00) и УЗО-Р (УЗО-розетка) ступенчатого регулирования уставки 10, 30мА (Патент №210060, РФ, МПК Н01Н 83/00), которые являются переносными и могут использоваться для защиты одиночных НЭМ, а также для защиты стационарных электроустановок в групповых сетях при токе нагрузки не более 16А, номинальном напряжении 220, 380В.

На рисунке 1 приведен общий вид УЗО-розетки ВДТ-Р.

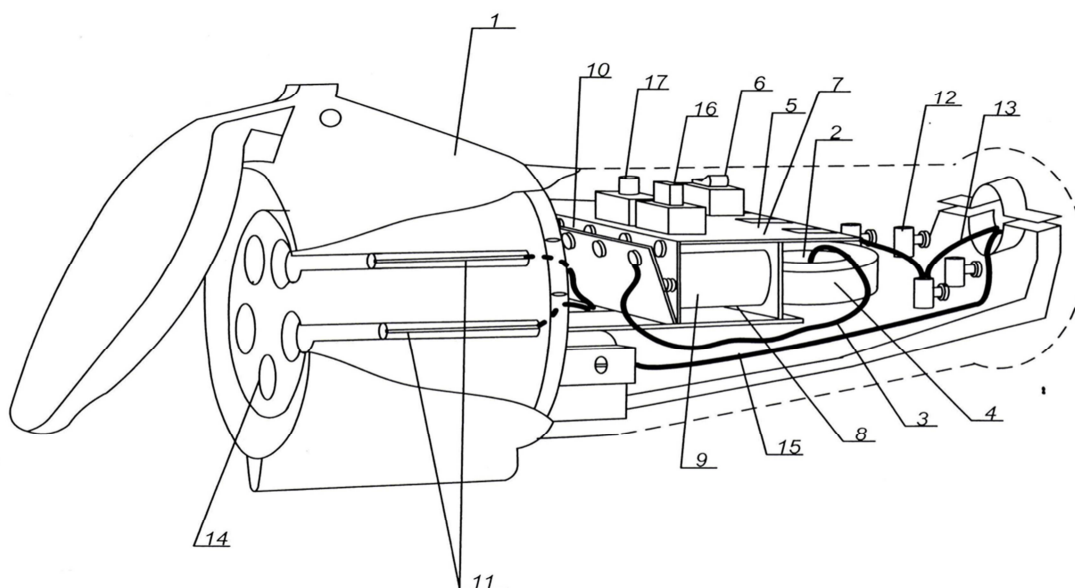


Рисунок 1 – Общий вид УЗО ВДТ – Р.
Figure 1 – General view of RCD VDT-R.

Основные элементы:

1 – корпус, 2 – дифференциальный трансформатор тока, 3 – первичная обмотка, состоящая из трех фазных и нулевого проводников, 4 – вторичная обмотка (катушка на тороидальном сердечнике), 5 – электронный усилитель, 6 – кнопочный переключатель уставки срабатывания, 7 – блок регулирования уставки срабатывания, 8 – пусковое устройство, 9 – катушка отключения, 10 – силовая контактная группа, 11 – силовые упругие контакты, 12 – силовые зажимы, 13 – резиновый сальник, 14 – гнезда розетки с крышкой, 15 – нулевой защитный РЕ-проводник, 16 – кнопка «ВКЛ», 17 – кнопка «ТЕСТ».

Main elements:

1 – The Corps, 2 – Differential current transformer, 3 – Primary care, consisting of three phase and zero conductors, 4 – secondary winding (coil on toroidal core), 5 – electronic amplifier, 6 – is a button switch of the trigger control, 7 – the control unit of the trigger setting, 8 – Launching device, 9 – Shutdown coil, 10 – Force Contact Group, 11 – Forced elastic contacts, 12 – forceful clamps, 13 – Rubber Grinder, 14 – socket socket sockets with cover, 15 – zero protective PE conductor, 16 – the button “off”, 17 – the button “test”.

УЗО-розетка выполняет функции, описание которых приведено при анализе первого направления, т.е. исследовании электробезопасности при эксплуатации НЭМ.

Электрозащитная эффективность УЗО была определена исходя из уравнения на основании сведений, приведенных в [12]:

$$T_{\text{УЗО}} = \frac{P(\text{ЭБ})_{\text{УЗО}}}{P(\text{ЭБ})_6}, \quad (1)$$

где $P(\text{ЭБ})_6$ – вероятность электробезопасности без использования УЗО; $P(\text{ЭБ})$ – вероятность электробезопасности при использовании УЗО.

Здесь $T_{\text{ЭУЗО}} = 1$ характеризует минимальное значение эффективности УЗО. При наличии УЗО вероятность электробезопасности НЭМ определяется по уравнению:

$$P(\text{ЭБ}) = 1 - P(U_{\text{пр}}) \cdot \left[\int_0^{i_{\text{отп}}} F_{\text{отп}}(i_{\text{чел}}) \cdot f(i_{\text{чел}}) di_{\text{чел}} + P_{\text{б.р.}} \int_{I_{\text{уст}}}^{\infty} F_{\text{ф}}(i_{\text{чел}}) di_{\text{чел}} + \right. \\ \left. (1 - P_{\text{б.р.}} \int_{I_{\text{уст}}}^{\infty} F_{\text{но}}(i_{\text{чел}}) f(i_{\text{чел}}) di_{\text{чел}} + (1 - P_{\text{н.з.}}) \int_{I_{\text{уст}}}^{\infty} F_{\text{но}}(i_{\text{чел}}) f(i_{\text{чел}}) di_{\text{чел}}) \right], \quad (2)$$

где $P(U_{\text{пр}})$ – вероятность попадания человека под напряжение прикосновения (равное фазному напряжению); $P_{\text{б.р.}}$ – вероятность безотказной работы УЗО; $P_{\text{н.з.}}$ – вероятность несрабатывания УЗО; $F_{\text{ф}}(i_{\text{чел}})$ – зависимость вероятности тока фибрилляции сердца человека; $F_{\text{но.о.}}$ – зависимость вероятности тока неотпускания через человека; $I_{\text{уст.}}$ – значение тока уставки УЗО.

Интегральные кривые распределения опасных токов через человека и их плотности распределения, полученные на основе анализа и расчетных данных для трех видов электротравм: легкой, тяжелой и смертельной, приведены на рисунке 2.

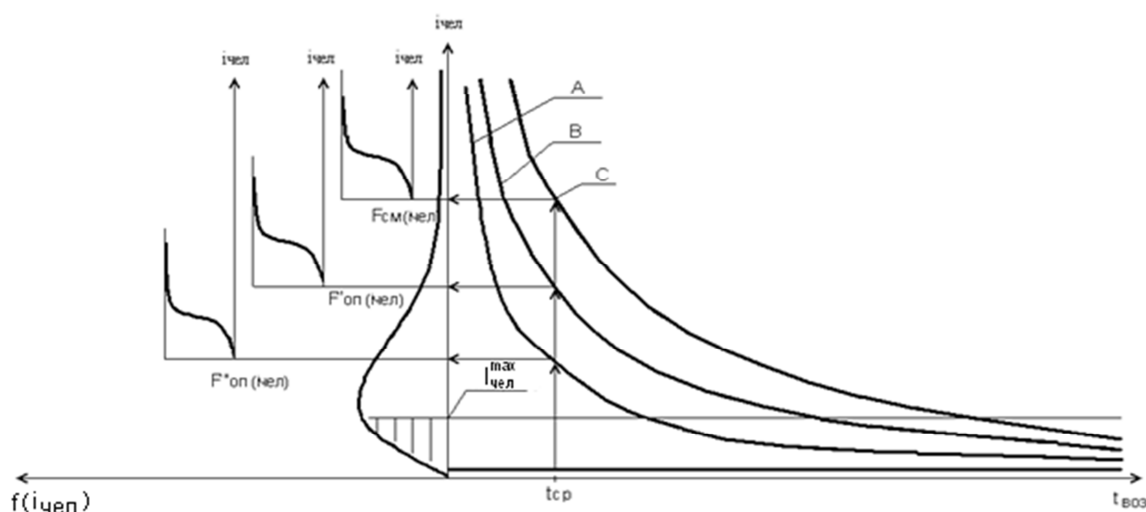


Рисунок 2 – Диаграммы вероятностей травмирования человека
Figure 2 – Diagrams of the probability of injury to a person

А, В, С – границы областей возможных исходов: с временной потерей трудоспособности при времени воздействия тока через человека $t_{\text{в03}} \leq 5\text{с}$; с тяжёлым исходом при $t_{\text{в03}} \leq 5\text{с}$; со смертельным исходом $t_{\text{в03}} \leq 1\text{с}$; $\{F_{\text{оп}}(i_{\text{чел}}), F'_{\text{оп}}(i_{\text{чел}}), F_{\text{см}}(i_{\text{чел}})\}$ – интегральные кривые распределения токов через человека для указанных исходов.

А, В, С – the limits of the areas of possible outcomes: with temporary disability at the time of exposure to current through a person $t_{\text{в03}} \leq 5\text{с}$; with a severe outcome at the time of transportation $t_{\text{в03}} \leq 5\text{с}$; with a fatal outcome of transportation $t_{\text{в03}} \leq 1\text{с}$; $\{F_{\text{оп}}(i_{\text{чел}}), F'_{\text{оп}}(i_{\text{чел}}), F_{\text{см}}(i_{\text{чел}})\}$ – integral curves of distribution of currents through the person for the specified outcomes.

Расчетные значения показателя электрозащитной эффективности $T_{\text{УЗО}}$ для трех случаев опасных исходов (временной потери трудоспособности, тяжелого (инвалидности), смертельного) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения показателей электрозащитной эффективности УЗО.
Table 1 – Values of RCD electrical protection efficiency indicators.

$T_{\text{Э УЗО}} / T_{\text{E RCD}}$			
Вид исхода / Type of outcome	Смертельный / Deadly	Тяжёлый (инвалидность) / Severe (disability)	Временная потеря трудоспособности / Temporary disability
Ток уставки, мА / Setpoint current, mA			
5	19,41	69,71	68,49
10	3,09	11,18	32,53
15	2,24	5,08	5,41
30	1,96	4,49	4,43

Время срабатывания УЗО принято равным 0,03 с.

Второе направление исследования.

Поскольку в инфраструктуре села, в том числе и в быту, используются разнообразные НЭМ и особенно ручной электроинструмент, совершенствование виброзащиты приобретает первостепенное значение для обеспечения безопасности данных машин при уменьшении отрицательного воздействия вибрации на человека до допустимых пределов в соответствии с нормативными требованиями.

Авторами разработаны средства виброзащиты НЭМ ударного действия путем использования дополнительных виброзащитных средств (Патент №216264, РФ, МПК В25Д17/24; Патент №194064, РФ, МПК В25В21/02).

В качестве дополнительных виброзащитных элементов выполнена конструкция амортизационного устройства, состоящая из амортизатора в виде двух буферов (объемных колец) из литой упругой резины и двух упорных металлических дисков (шайб), обеспечивающих фиксацию концов динамической (рабочей) пружины и сохранения её устойчивого положения.

Для примера на рисунке 3 показан общий вид электроинструмента ударного действия типа ИЭ-4213А (электрического молотка).

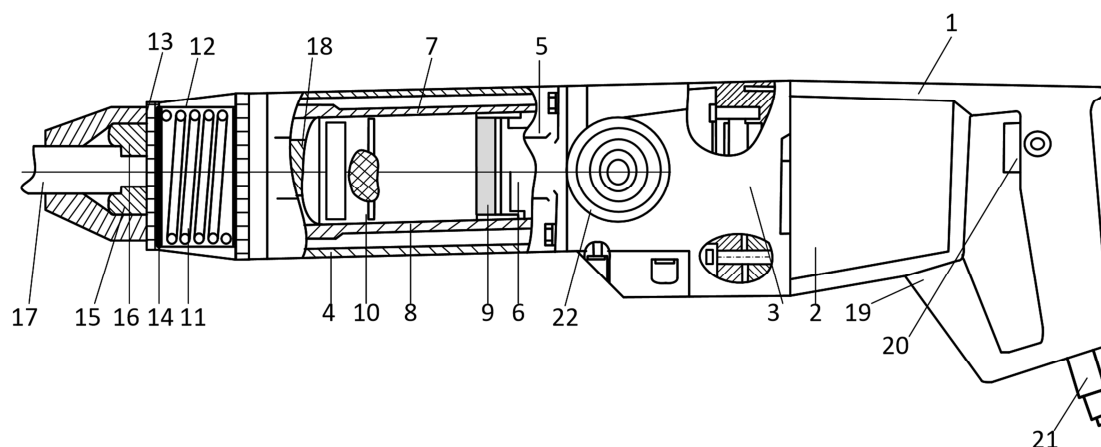


Рисунок 3 – Общий вид конструктивного исполнения электроинструмента ударного действия типа ИЭ-4213А

Figure 3 – General view of the design of the power tool percussion type IE-4213A

Основные элементы:

1 – пластмассовый корпус, 2 – однофазный коллекторный электродвигатель, 3 – редуктор в алюминиевом корпусе, 4 – ствол, выполненный из алюминия, 5 – кривошипно-шатунный механизм, включающий кривошип, палец, 6 – шатун, 7 – ударный механизм, 8 – цилиндр, 9 – поршень, 10 – боёк, 11 – динамическая пружина, 12 – амортизационное устройство, 13 – амортизатор, 14 – два упорных металлических диска, 15 – бокса, 16 – держатель, 17 – рабочий инструмент, 18 – хвостовик, 19 – основная рукоятка, 20 – курковый выключатель с фиксированным рабочим положением, 21 – ввод питающего кабеля, 22 – дополнительная рукоятка.

Main elements:

1 – plastic body, 2 – single-phase collector electric motor, 3 – reducer in aluminum housing, 4 – a barrel made of aluminum, 5 – motion-shifting mechanism, which includes a curveball, finger, 6 – the connecting rod, 7 – shock mechanism, 8 – the cylinder, 9 – the piston, 10 – firing pin, 11 – dynamic spring, 12 – depreciation device, 13 – depreciator, 14 – two hard metal discs, 15 – бокса, 16 – the holder, 17 – the working tool, 18 – the tail, 19 – primary handle, 20 – trigger switch with a fixed working position, 21 – input of a supply cable, 22 – additional grip.

При разработке виброзащитных средств были выполнены исследования вибрационных параметров ручного электроинструмента, определены уровни локальной вибрации, а именно виброскорости, для обоснования дополнительных элементов виброзащиты. При измерении виброскорости ручного электроинструмента без дополнительных средств виброзащиты получены значения значительно превышающие нормативные требования. На рисунке 4 приведены графические зависимости параметров (виброскорости V , дБ для восьми октавных полос среднегеометрических частот f , Гц) ручного электроинструмента с виброзащитой и без виброзащиты.

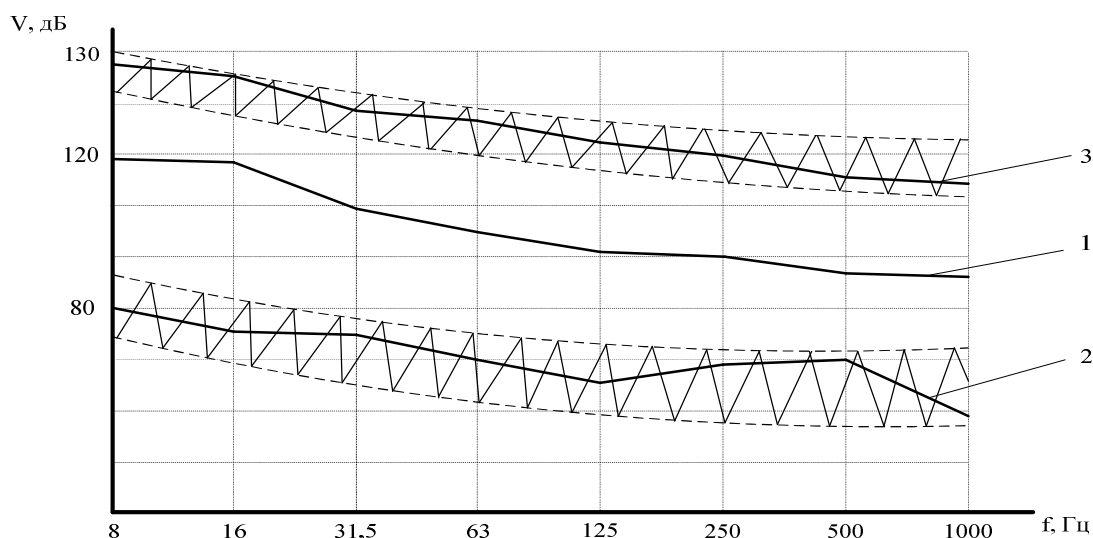


Рисунок 4 – Графические зависимости параметров вибрации ручного электроинструмента
Figure 4 – Graphical dependencies of manual vibration parameters power tools

1 – нормируемая величина виброскорости; 2 – уровень виброскорости электроинструмента с дополнительной виброзащитой; 3 – уровень виброскорости электроинструмента без дополнительной виброзащиты

1 – is the normable value of vibration speed; 2 – is the level of vibration speed of the power tool with additional vibration protection; 3 – the level of vibration speed of the power tool without additional vibration protection

Штриховые линии вдоль кривых 2 и 3 означают величины непрерывных измерений уровней виброскорости ручного электроинструмента. Здесь ломаные линии 2 и 3 есть усредненные значения виброскорости V , дБ.

Обсуждение. На основании выполненного анализа состояния электробезопасности и вибробезопасности при эксплуатации НЭМ и проведенных экспериментов по разработке электрозащитных средств, т.е. устройств защитного отключения, а также совершенствованию виброзащитных средств получены следующие данные по первому и второму направлениям исследования:

1. Исходя из результатов расчетов, приведенных в таблице 1, следует, что электрозащитная эффективность УЗО будет минимальной для всех случаев исходов электротравмирования человека с уставкой тока срабатывания равной 30 мА, но не меньше $T_{\text{ЭУЗО}} = 1$, характеризующей отсутствие УЗО или его несрабатывание. Значит, чем меньше ток уставки, тем больше электрозащитная эффективность, которая колеблется в пределах от 1,96 до 68,49 для приведенных опасных исходов, что соответствует снижению возникновения электротравматизма до 70%.

2. Экспериментальная проверка ручного электроинструмента с дополнительной виброзащитой показала значительное снижение виброскорости V , дБ, при этом для граничных значений среднегеометрической частоты $f = 8 \text{ Гц}$ V изменяется от 129 до 119 дБ = 1000 Гц V изменяется от 122 до 91 дБ, т.е. в среднем на 15-30 дБ, что составляет 20-30%.

Таким образом, значения виброскорости ручного электроинструмента с дополнительными средствами виброзащиты соответствуют нормативным требованиям [13].

Заключение. 1. Разработанные переносные устройства защитного отключения с регулируемой уставкой тока срабатывания, используемые для защиты электроустановок, в том числе нестационарных электрических машин, являющиеся портативными мобильными средствами, обеспечивающими снижение электротравматизма и выполняющими контроль состояния изоляции токоведущих частей электроустановок во избежание пожаров и возгораний.

2. Разработанные дополнительные средства виброзащиты ручного электроинструмента, используемого на объектах сельского хозяйства при выполнении различных видов работ, а также имеющего широкое применение в бытовых условиях среди сельского населения, позволяют сделать заключение о том, что улучшение виброизоляционных качеств обеспечивает сохранение безопасности НЭМ на высоком уровне.

Conclusions. 1. The developed portable residual current devices with adjustable actuation current setpoint, used to protect electrical installations, including non-stationary electrical machines, are portable mobile means that ensure the reduction of electrical injuries and monitor the condition of insulation of current-carrying parts of electrical installations in order to avoid fires and ignitions.

2. The developed additional means of vibration protection of hand-held power tools used at agricultural facilities when performing various types of work, as well as widely used in domestic conditions among the rural population, allow us to conclude that the improvement of vibration insulation qualities ensures the preservation of SPM safety at a high level.

Библиографический список

1. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков: приказ от 28 декабря 2021 г. № 926.
2. Ерёмкина Т. В., Калинин А. Ф. Основные направления использования средств малой механизации в сельском хозяйстве. Ползуновский Вестник. 2014. № 4. С. 136-139.
3. Габова М. А., Никольский О. К. Модель функционирования системы техногенной безопасности электроустановок. Вестник АПК Ставрополя. 2021. №1(41). С. 19-23.
4. Российский статистический ежегодник. 2022: Стат. сб. Росстат. М., 2022. 691 с.
5. Балданов М. Б., Ерёмкина Т. В., Шаныгин И. А. Комплексная безопасность мобильной электротехники. Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 46-48.
6. Nikolsky O. K., Shlionskaya Yu. D., Shanygin I. A. Modeling technology-related risks of electrical plants on production sites by analyzing man-machine systems. Russian Electrical Engineering. 2018. V. 89. No 12. Pp. 707-713.
7. Eryomina T. V., Galeguzova I. A., Shanygin I. A., Dasheev D. E., Aleksandrov N. V. To the Problem of Technogenic Safety of Electrical Installations at the Objects. Energy, Ecology and Technology in Agriculture: International Scientific and Practical Conference. 2022. No 2762. 020014-1 -020014-5.
8. Ерёмкина Т. В., Шаныгин И. А., Галегузова И. А. Анализ метода нечеткого множества в решении проблемы безопасности электроустановок. Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2023. № 5 (103). С. 175-181.
9. Балданов М. Б., Ерёмкина Т. В., Шаныгин И. А. Обеспечение техногенной безопасности электроустановок на объектах АПК. Сельский механизатор. 2022. №10. С. 39-40.
10. Никольский О. К., Воробьев Н. П. Системный анализ безопасности электроустановок объектов АПК. Вестник Красноярского гос. аграрного ун-та. 2016. № 6. С. 69-76.
11. Воробьев Н. П., Мозоль В. И., Шаныгин И. А. Метод оценки рисков аварий в электрических сетях 10/0,4 кВ. Электротехника. 2018. № 12. С. 53-58.
12. Ерёмкина Т. В., Зонхоев Г. Б., Гармаев А. Л. Способы совершенствования системы защитного отключения в контексте электромагнитной совместимости. Вестник Восточно-Сиб. гос. ун-та технологий и управления. Улан-Удэ: 2017. №2. С. 5-11.
13. Санитарные нормы. Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий 2.2.4/2.1.8.566-96. М.: Инф. изд. центр Минздрава России, 1997.

References

1. On approval of recommendations for the selection of methods for assessing the levels of occupational risks and for reducing the levels of such risks: Order No. 926 dated December 28, 2021.
2. Eremina T. V., Kalinin A. F. The main directions of the use of small-scale mechanization in agriculture. Polzunovskiy Vestnik. 2014. № 4. Pp. 136-139.
3. Gabova M. A., Nikolskiy O. K. Model of the functioning of the system of technogenic safety of electrical installations. Bulletin of the Agro-Industrial Complex of the Stavropol Territory. 2021. № 1 (41). Pp. 19-23.
4. Russian Statistical Yearbook. 2022: Stat. Sb. Rosstat. Moscow, 2022. 691 p.
5. Baldanov M. B., Eremina T. V., Shanygin I. A. Integrated Safety of Mobile Electrical Engineering. Rural machine operator. 2020. № 12. Pp. 46-48.
6. Nikolsky O. K., Shlionskaya Yu. D., Shanygin I. A. Modeling technology-related risks of electrical plants on production sites by analyzing man-machine systems. Russian Electrical Engineering. 2018. V. 89. No 12. Pp. 707-713.
7. Eryomina T. V., Galeguzova I. A., Shanygin I. A., Dasheev D. E., Aleksandrov N. V. To the Problem of Technogenic Safety of Electrical Installations at the Objects. Energy, Ecology and Technology in Agriculture: International Scientific and Practical Conference. 2022. AIP Conf. Proc. 2762. 020014-1 -020014-5.
8. Eremina T. V., Shanygin I. A., Galeguzova I. A. Analysis of the fuzzy set method in solving the problem of safety of electrical installations. News of the Orenburg State Agrarian University. 2023. № 5 (103). Pp. 175-181.
9. Baldanov M. B., Eremina T. V., Shanygin I. A. Ensuring Technogenic Safety of Electrical Installations at Agricultural Facilities. Rural machine operator. 2022. № 10. Pp. 39-40.
10. Nikolskiy O. K., Vorobyov N. P. System Analysis of Safety of Electrical Installations of Agro-Industrial Complex Facilities. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2016. № 6. Pp. 69-76.
11. Vorobyov N. P., Mozol V. I., Shanygin I. A. Method for Assessing the Risks of Accidents in 10/0.4 kV Electric Networks. Electrical engineering. 2018. № 12. Pp. 53-58.
12. Eremina T. V., Zonkhoev G. B., Garmaev A. L. Ways to improve the residual current system in the context of electromagnetic compatibility. Bulletin of the Vostochno-Sib. State University of Technology and Management. Ulan-Ude: 2017. № 2. Pp. 5-11.
13. Sanitary standards. Industrial vibration in the premises of residential and public buildings 2.2.4/2.1.8.566-96. Moscow: Inf. Ed. Center of the Ministry of Health of Russia, 1997.

Информация об авторах

Ерёмина Тамара Владимировна, доктор технических наук, профессор, Почётный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры «Экология, недропользование и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (Российская Федерация, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В), e-mail: ereminat.v@yandex.ru

Шаныгин Иван Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и автоматизированные системы управления», ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (Российская Федерация, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В), e-mail: i.shanygin@mail.ru

Галегузова Ирина Андреевна, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий и сельского хозяйства», ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (Российская Федерация, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В), e-mail: irina.hmeleva@yandex.ru

Author's Information

Eremina Tamara Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Higher Attestation Commission, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Ecology, Subsoil Use and Life Safety, East Siberian State University of Technology and Management (Russian Federation, 670013, Ulan-Ude, Klyuchevskaya str., 40B), e-mail: ereminat.v@yandex.ru

Shanygin Ivan Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and Automated Control Systems, East Siberian State University of Technology and Management (Russian Federation, 670013, Ulan-Ude, Klyuchevskaya str., 40B), e-mail: i.shanygin@mail.ru

Galeguzova Irina Andreevna, Senior Lecturer, Department of Power Supply of Industrial Enterprises and Agriculture, East Siberian State University of Technology and Management (Russian Federation, 670013, Ulan-Ude, Klyuchevskaya str., 40B), e-mail: irina.hmeleva@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-03-41

FACTORS AFFECTING USAGE FIGURES AUTOMATED VEHICLES FOR LOADING AND TRANSPORTING HAY-STRAW MATERIALS IN ROLLS

^{1,2}Ryadnov A. I., ¹Mechenkov V. V., ¹Fedorov A. V.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Astrakhan State University
Astrakhan, Russian Federation

Corresponding author E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Received 17.03.2024

Submitted 22.04.2024

Summary

Based on the analysis of the designs of technical means PR-18, TP-10-1, TPR-11, designed for loading balers of hay rolls formed by balers and their further transportation to the place of unloading, as well as loaders-transporters of hay rolls PTRS-1 and PTRS-2, loading hay rolls into one and two tiers without additional loading machines and transportation to the storage site, performing loading, transportation and unloading of hay rolls, and the features of their operation, three main groups of factors affecting the efficiency of using loaders-haulers of hay rolls are identified: technological, structural, technological and technical and economic.

Abstract

Introduction. The development of the agro-industrial complex of the Russian Federation is aimed at the development and implementation of modern technologies and technical means based on the latest achievements of Russian science. The use of technical means and technologies using automation and digitalization tools, as well as the use of robotic machines in the agro-industrial complex will significantly increase labor productivity and the quality of agricultural products. In addition, this will lead to increased economic efficiency of production. The introduction of highly efficient technologies in the agricultural sector of production is a strategic vector of scientific and technological progress of the agro-industrial complex in the modern world. The most important branches of agricultural production are crop production and livestock farming. At the same time, the main task of crop production is, in particular, a stable supply of high-quality feed to the livestock industry, including hay formed into rolls. Removing hay rolls from the field implies the implementation of a set of agrotechnical, organizational, technological, technical and economic measures, the development of which is impossible without knowledge of the main factors influencing the development of production and the most important indicators of the use of technical means used, in particular, in harvesting hay rolls from the field from hay-straw materials. **The purpose of the work** is to analyze the factors influencing the use of automated vehicles for loading and transporting hay and straw materials in rolls. **Materials and methods.** The results of the work are based on a detailed analysis of scientific articles, reports and presentations at scientific conferences related to the research of technical means for loading and