

## ИЗМЕЛЬЧИТЕЛИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

## WASTE WOOD AND PLANT RESIDUE CHIPPERS

**Ключевые слова:** *измельчитель, отходы древесины, растительные остатки, садоводство, приусадебный участок, конструкция, устройство машин и механизмов, конструктивные параметры.*

Охрана окружающей среды, и в целом планеты, как среды обитания человека и животного мира, один из ключевых вопросов современности. Поэтому в последнее время экологическим аспектам жизнедеятельности человека, в том числе и утилизации различных производственных отходов, уделяется значительное внимание. При ведении садового или приусадебного хозяйства остается значительное количество растительных остатков, которые утилизируются путем сжигания. Статья направлена на определение конструкции машины, позволяющей избавиться от сжигания растительных остатков садового или приусадебного хозяйства путем их измельчения с последующим внесением в почву в качестве мульчи. Для измельчения материалов существует большое разнообразие различных конструкций измельчающих устройств. Измельчители отличаются по достаточно широкому спектру особенностей. Так, проведенная классификация измельчителей позволила выявить 8 отличительных особенностей: по конструктивным признакам; типу измельчающего инструмента; расположению измельчающего инструмента на рабочем органе; направлению подачи материала относительно приводного вала измельчителя; количеству измельчающих инструментов; направлению вывода измельченного материала; форме режущей кромки инструмента; по мобильности. В работе проведен обзор существующих конструкций измельчителей, рассмотрены барабанные, конические, шнековые, молотковые, вальцовые и дисковые измельчители. Приведены достоинства и недостатки различных конструкций измельчителей, а также рассмотрены возможность и удобство их использования в садовом хозяйстве или на приусадебных участках. В качестве конструкции измельчителя растительных остатков при ведении садо-

вого или приусадебного хозяйства предлагается использовать дисковую конструкцию измельчителя, так как она позволяет создать простую, компактную, легкую и достаточно дешевую машину, полностью удовлетворяющую предъявляемым требованиям.

**Keywords:** *chipper, waste wood, plant residues, gardening practice, private garden, structural design, structure of machines and mechanisms, design factors.*

The protection of the environment and the whole planet as a habitat for humans and wildlife is one of the key issues of our time. Therefore, in recent years, considerable attention has been paid to the environmental aspects of human life including the disposal of various industrial wastes. Significant amount of plant residues result from running gardens or households which are disposed by incineration. This paper discusses the machine design that allows getting rid of garden residues or household wastes without burning by chipping and introducing into the soil as mulch. There is a wide variety of designs of chipping devices. Chippers differ in a fairly wide range of features. So the chipper classification made it possible to identify their eight distinctive features: by design features; type of chipping tool; location of chipping tool on the working body; material supply direction to the drive shaft of the chipper; number of chipping tools; output direction of chipped material; shape of tool cutting edge; mobility. This paper overviews the existing chipper designs; drum, V-drum, spiral-head, hammer mill, roller and disk chippers are discussed. The advantages and disadvantages of various chipper designs are revealed; the possibility and convenience of their use in gardening or on household plots are considered. As a design of a chipper of plant residues for garden or household plot management, it is proposed to use a disk chipper because it allows creating a simple, compact, lightweight and fairly cheap machine that fully meets the requirements.

**Пирожков Дмитрий Николаевич**, д.т.н., доцент, декан инженерного фак-та, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: mms.asau@yandex.ru.

**Лапин Павел Николаевич**, инженер, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: pawel27@mail.ru.

**Pirozhkov Dmitriy Nikolaevich**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Dean, Engineering Dept., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: mms.asau@yandex.ru.

**Lapin Pavel Nikolaevich**, Engineer, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pawel27@mail.ru.

### Введение

Ведение садового хозяйства как на крупных предприятиях, так и в личных подсобных хозяйствах предполагает большое количество различных отходов растительного происхождения. Основную массу таких отходов составляют ветки деревьев и кустарников, а также трава и опавшая листва. Основным методом утилизации подобных отходов является их сжигание. Подобный метод утилизации имеет очень существенные недостатки. В первую очередь, сжигание является пожароопасным и не может использоваться в определенные периоды года, когда объявляется пожарный карантин на территории региона. Во время такого карантина утилизация растительных отходов невозможна в принципе. Во вторую очередь, сжигание является неэкологичным методом утилизации, так как происходит выделение вредных веществ в атмосферу. В третьих, это достаточно трудоемкий процесс, так как требует применения ручного труда.

Избежать указанных недостатков можно путем использования для утилизации древесных отходов измельчителей, которые позволяют переработать отходы в измельченную смесь травы, листьев и древесной щепы. Помимо исключения пожароопасности и вредного для экологии воздействия сжигания, при измельчении растительных отходов вырабатывается замечательный продукт – мульча, которая может использоваться как в садовом, так и в огородном хозяйстве как источник дополнительных питательных веществ для растений. Кроме того, мульча улучшает структуру почвы и препятствует излишнему выносу влаги в местах, покрытых ею.

**Цель** – определить наиболее подходящую для измельчения растительных остатков конструкцию измельчителя для использования в садовых и личных подсобных хозяйствах.

#### Задачи:

1) провести обзор существующих конструкций измельчителей древесных отходов;

2) проанализировать достоинства и недостатки существующих конструкций измельчителей и предложить наиболее подходящий для садовых хозяйств измельчитель.

### Объекты и методы

Объектом исследования в работе являются машины для измельчения древесины. Подобные машины используют в промышленной заготовке леса, для утилизации частей деревьев, не подходящих для дальнейшего использования [1, 2]. Также измельчители древесины используются в лесоперерабатывающей промышленности для изготовления щепы с последующей ее переработкой в строительные и отделочные материалы [3, 4]. Исследованиям процесса измельчения древесины, а также машинам, для этого предназначенным, посвящено большое количество работ как в нашей стране, так и за границей [5-7].

Подавляющее число конструкций измельчителей древесины можно классифицировать по нескольким признакам (рис. 1).

По конструктивным признакам машины делят на барабанные, конические, дисковые, шнековые, молотковые, вальцовые, комбинированные.

По типу измельчающего инструмента: ножевые, молотковые, резцовые.

По расположению измельчающего инструмента на рабочем органе: радиальные, спиралевидные, ступенчатые.

По направлению подачи материала относительно приводного вала измельчителя: перпендикулярно, параллельно, под углом.

По количеству измельчающих инструментов: одноножевые, двухножевые, многоножевые.

По направлению вывода измельченного материала: верхний, нижний, боковой.

По форме режущей кромки инструмента: прямая, спиральная.

По мобильности: передвижная, стационарная.

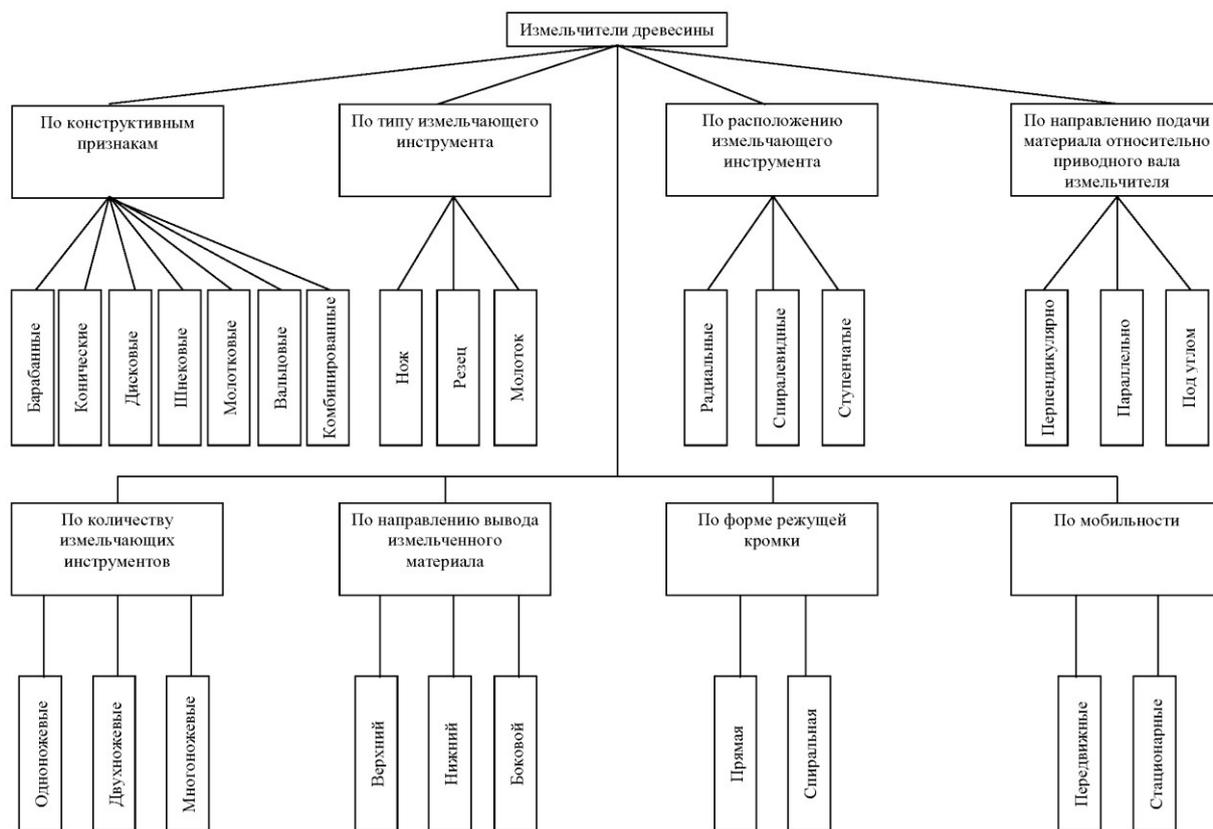


Рис. 1. Классификация конструкций измельчителей древесных отходов

### Результаты исследований и их обсуждение

Прежде всего необходимо отметить, что для целей использования измельчителя в садовых хозяйствах и на приусадебных участках нужно чтобы его конструкция была компактной, обладающей небольшой массой и размерами и передвижной.

Рассмотрим более подробно отличия в существующих конструкциях измельчителей, а также возможность их использования для указанных целей.

У барабанных измельчителей основным рабочим органом является массивный барабан, на который продольно устанавливаются ножи (рис. 2). Под каждым ножом выполняется щель для отвода измельченного материала. Барабанные измельчители могут выполняться как с контрножом, так и без него. Контрнож устанавливается так, чтобы режущие кромки ножей, расположенных на барабане, имели с ним минимальный зазор. В этом случае осуществляется резание материала с подпором. В конструкциях без контрножа происходит бесподпорное резание. Также барабанные измельчители могут оснащаться декой, которая позволяет получать

более однородные по размеру частицы измельченного материала.

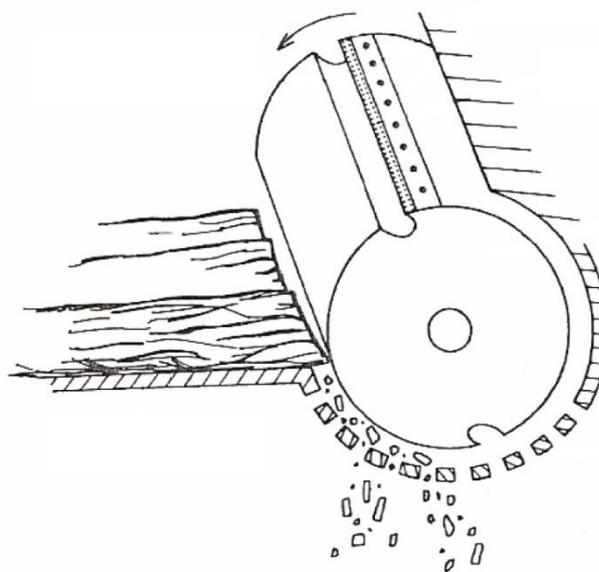


Рис. 2. Барабанный измельчитель

Недостатком барабанных измельчителей является наличие большой, массивной, достаточно дорогой в изготовлении детали – барабана, которая является основой всей конструкции.

Измельчитель с коническим рабочим органом представляет собой, фактически, тот же бара-

банный измельчитель, но с барабаном конической формы (рис. 3).

Коническому измельчителю присущи те же недостатки, что и барабанному с той разницей, что изготовление конического барабана является технически еще более сложным.

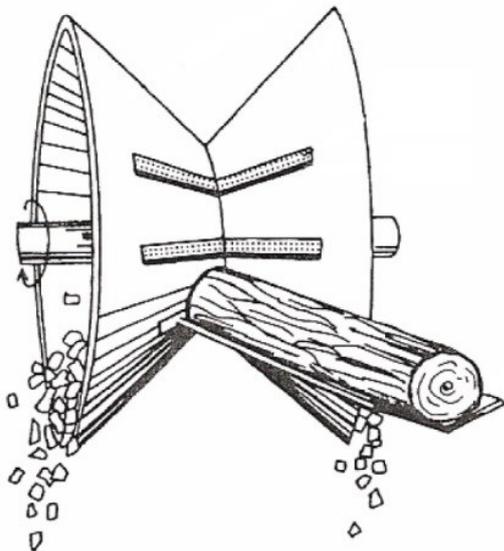


Рис. 3. Конический измельчитель

В шнековом измельчителе основным рабочим органом является шнек с острыми режущими кромками, расположенными по поверхности винтовой линии (рис. 4).

Использовать шнековый рабочий орган для измельчения древесины, на наш взгляд, не самая хорошая идея. Это обусловлено тем, что шнек имеет очень большие габариты, массу, еще более сложен в изготовлении, чем ранее рассмотренные конструкции, имеет высокие удельные затраты энергии при измельчении.

Среди машин для измельчения различных материалов широкое распространение получили

молотковые измельчители. Молотковый измельчитель для древесины представлен на рисунке 5.

Молотковый измельчитель имеет вращающийся барабан, по окружности которого закреплены молотки. Рабочая камера молоткового измельчителя ограничивается декой, имеющей отверстия необходимого размера, сквозь которые просыпается измельченный до нужного состояния материал. Молотковые измельчители достаточно просты по устройству и эффективны при измельчении зерновых или минеральных материалов. Для измельчения древесных отходов молотковый измельчитель не очень подходит, так как измельчение в нем происходит в основном за счет ударов молотков о материал. Древесину же предпочтительно измельчать не за счет удара, а путем резания.

Для измельчения отходов различного происхождения, от металла до пластика или резины, часто используются вальцовые, роторные измельчители, или как их еще называют шредеры. Наиболее производительным является двухроторный шредер, показанный на рисунке 6.

В основе конструкции шредера лежат два вала, вращающиеся навстречу друг другу. На валах закреплены фрезы или ножи, часто имеющие достаточно сложную форму. Шредеры способны измельчать, как было сказано выше, практически любые кусковые материалы, в том числе и древесину. Шредер – это достаточно большая по габаритам, массивная и энергонасыщенная машина, которая является стационарной, а значит, не подходящей под наши требования.

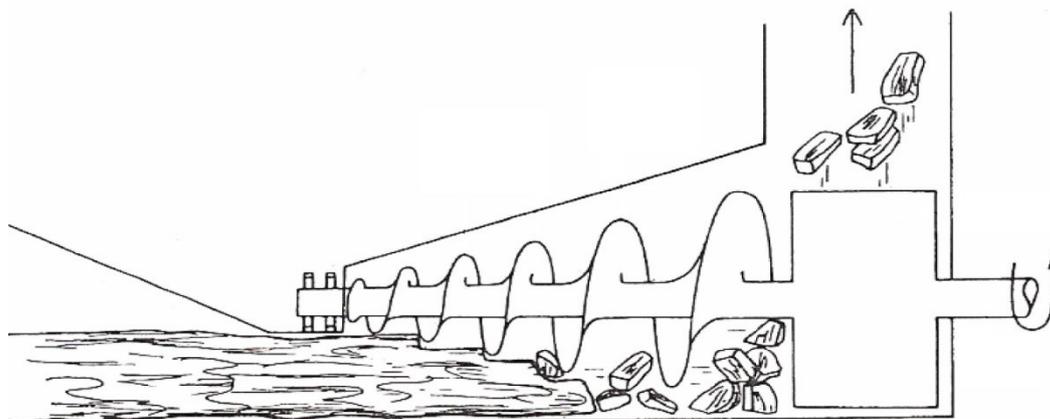


Рис. 4. Шнековый измельчитель

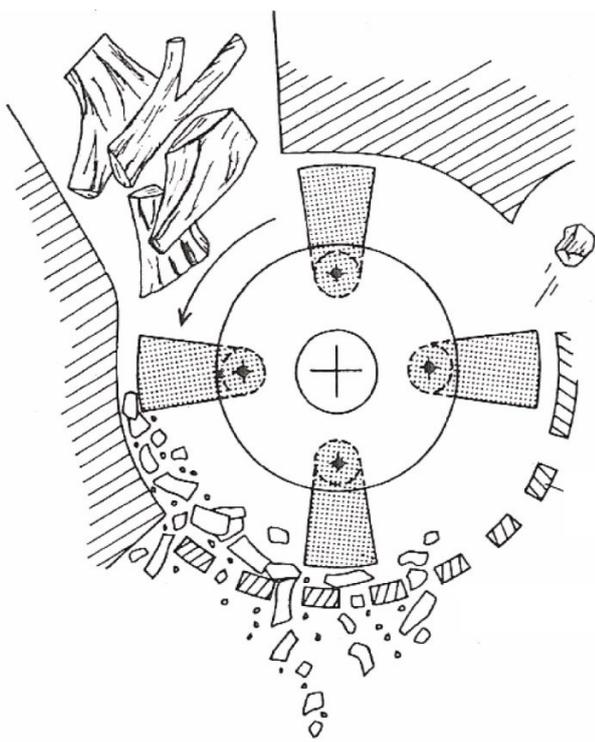


Рис. 5. Молотковый измельчитель

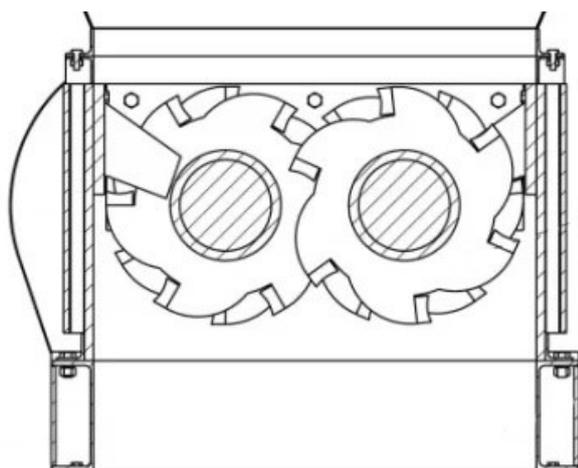


Рис. 6. Вальцовый измельчитель

Наиболее простым и компактным, имеющим малый вес измельчителем древесных отходов может служить конструкция дискового измельчителя (рис. 7).

Основным рабочим органом дискового измельчителя является диск с прорезями для отвода измельченного материала, над которыми установлены ножи. Ножи могут быть как прямыми, так и спиральными. Установка ножей осуществляется различными способами – радиально, со смещением относительно радиуса, под углом к радиальному направлению. Серьезным преимуществом конструкции дискового измельчителя может служить то обстоятельство, что диск можно расположить непосредственно на валу электродвигателя, что позволит суще-

ственно снизить габариты и массу, а также сильно упростить конструкцию измельчителя.

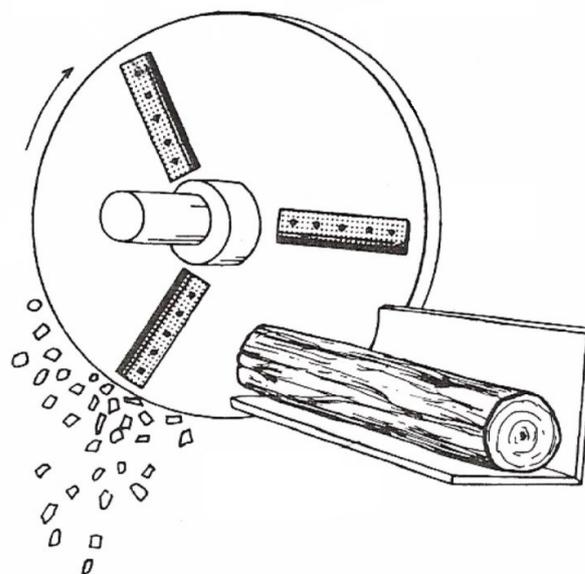


Рис. 7. Дисковый измельчитель

### Заключение

Проведенный обзор большого разнообразия конструкций измельчителей позволяет сделать вывод о том, что для садового и приусадебного хозяйства наиболее подходящим типом измельчителя является дисковый. Дисковая конструкция позволяет создать малогабаритный, простой по устройству, дешевый мобильный измельчитель с достаточной производительностью, который будет удобно использовать в садовом хозяйстве или на приусадебном участке.

### Библиографический список

1. Никишов, В. Д. Комплексное использование древесины: учебник для вузов / В. Д. Никишов. – Москва: Лесн. пром-сть, 1985. – 264 с. – Текст: непосредственный.
2. Пальгунов, П. П. Утилизация промышленных отходов / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. – Москва: Стройиздат, 1990. – 352 с. – Текст: непосредственный.
3. Отлев, И. А. Справочник по древесностружечным плитам / И. А. Отлев, Ц. Б. Штейнберг. – Москва: Лесн. пром-сть, 1983. – 240 с. – Текст: непосредственный.
4. Греб, А. С. Современные подходы к процессу измельчения древесных отходов / А. С. Греб. – Текст: непосредственный // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – № 1. – С. 62-64.

5. Гомонай, М. В. Ресурсосберегающие технологии измельчения древесины на щепу в рубильных машинах с многолезцовыми и ножевыми рабочими органами: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Гомонай Михаил Васильевич. – Воронеж, 2003. – 38 с. – Текст: непосредственный.

6. Naimi, L., et al. (2006). Cost and Performance of Woody Biomass Size Reduction for Energy Production. DOI: 10.13031/2013.22065.

7. Banks C.J., et al. Particle size requirements for effective bioprocessing of biodegradable municipal waste: Technology Research and Innovation Fund Project Report, Defra TRIF Programme, October 2008 - January 2010. p. 22

### References

1. Nikishov V.D. Kompleksnoe ispolzovanie drevesiny: uchebnik dlia VUZov / V.D. Nikishov. – Moskva: Lesn. prom-st, 1985. – 264 s.

2. Palgunov P.P. Utilizatsiia promyshlennykh otkhodov / P.P. Palgunov, M.V. Sumarokov. – Moskva: Stroizdat, 1990. – 352 s.

3. Otleв I.A., Shteinberg Ts.B. Spravochnik po drevesnostruzhechnym plitam / I.A. Otleв, Ts.B. Shteinberg. – Moskva: Lesn. prom-st, 1983. – 240 s.

4. Greb A.S. Sovremennye podkhody k protsessu izmelcheniia drevesnykh otkhodov / A.S. Greb // Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: sbornik nauchnykh trudov. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2018. – № 1. – S. 62-64.

5. Gomonai M.V., Resursosberegaiushchie tekhnologii izmelcheniia drevesiny na shchepu v rubilnykh mashinakh s mnogoreztsovymi i nozhevymi rabochimi organami: avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk / M.V. Gomonai. – Voronezh, 2003. – 38 s.

6. Naimi, L., et al. (2006). Cost and Performance of Woody Biomass Size Reduction for Energy Production. DOI: 10.13031/2013.22065.

7. Banks C.J., et al. Particle size requirements for effective bioprocessing of biodegradable municipal waste: Technology Research and Innovation Fund Project Report, Defra TRIF Programme, October 2008 - January 2010. p. 22



УДК 621.3.11

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-226-8-89-97

М.А. Якупова

М.А. Yakupova

## ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НИЗКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРИ НЕСБАЛАНСИРОВАННОМ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИИ

### ISSUES OF ENERGY SAVING IN RURAL LOW-VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS WITH UNBALANCED POWER CONSUMPTION

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, коэффициент потерь мощности, несимметричный режим, симметрирующее устройство, дополнительные потери мощности, отклонения напряжения, полная мощность, потребители электрической энергии, токи нулевой последовательности, параметры симметрирующего устройства.

Представлены материалы исследований несимметричных режимов работы в действующих сельских распределительных электрических сетях 0,4 кВ. Для исследований приняты материалы систематических измерений параметров электрической энергии и ее показателей, характеризующих качество электрической энергии. Измерения произведены по заказу электросетевой организации, осуществляющей электроснабже-

ние объектов на территории Иркутской области. Для оценки несимметричных режимов, в соответствии с разработанными методами расчета показателей несимметрии токов и напряжений, создана программа “Unbalance-2” для определения этих показателей. В качестве средства минимизации дополнительных потерь используется специальное устройство для симметрирования токов и напряжений с саморегулируемой индуктивностью, обладающее минимально возможным сопротивлением для токов нулевой последовательности, изменяющее в автоматическом режиме свои параметры. Программа предусматривает определение параметров симметрирующего устройства в соответствии с изменяющимся уровнем несимметрии токов в любой момент времени. На основе созданного алгоритма рассчитаны и проанализированы показатели, характери-