

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.316.22-26

М.А. Нагайка, С.Г. Щукин, В.А. Головатюк
M.A. Nagayka, S.G. Shchukin, V.A. Golovatyuk

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОГО ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ

THE STUDY OF VIBRATING SUBSOIL TILLER OPERATING PROCESS

Ключевые слова: вибрационный глубокорыхлитель, вибровозбудитель, амплитуда, тяговое сопротивление, степень крошения почвы, структура почвы, глыбистость, сохранение стерни, безотвальная обработка, производительность.

Для проведения полевых исследований был изготовлен экспериментальный образец вибрационного глубокорыхлителя, оснащённого инерционным вибровозбудителем планетарного типа. При проведении многофакторного эксперимента значимыми факторами были выбраны амплитуда колебаний и поступательная скорость движения рабочих органов. С целью варьирования амплитуды колебаний рабочих органов в вибровозбудитель устанавливались бегунки различной массы. Проведёнными ранее лабораторными исследованиями установлено, что увеличение массы бегунка приводит к росту амплитуды колебаний. Скорость движения агрегата изменялась путём изменения передачи трансмиссии трактора. Сравнительная оценка поверхности поля после проходов вибрационного глубокорыхлителя в различных режимах работы показала, что использование вибрации рабочих органов позволяет достичь улучшения агротехнических показателей обработки почвы. На технологической скорости 2,5 м/с, при установке бегунка массой 9,1 кг, по сравнению с режимом без вибрации, наблюдалось снижение глыбистости на 18%, гребнистости – на 9,5, повышение сохранения стерни – на 29%. В то же время наблюдалось снижение плотности обработанной почвы в слое 0-0,4 м на 0,17 г/см³, свидетельствующее о более эффективном её разуплотнении под воздействием вибрации. Анализ гранулометрического состава обработанной почвы в слое 0-0,4 м показал, что вибрационное воздействие на почвенную структуру позволяет избирательно воздействовать на её элементы. Наиболее интенсивному воздействию подвергаются крупные почвенные агрегаты размером 20-100 мм, в результате крошения которых образуются агрономически ценные фракции разме-

ром 1-10 мм. Использование вибрации рабочих органов глубокорыхлителя позволяет снизить его тяговое сопротивление на величину до 14,38% и повысить производительность агрегата за счёт снижения буксования движителей трактора. Положительный эффект от вибрации рабочих органов повышается с ростом амплитуды колебаний и снижается с увеличением скорости движения агрегата.

Keywords: vibrating subsoil tiller, vibration exciter, amplitude, draught resistance, soil pulverization degree, soil structure, lumpiness, stubble retention, subsoil tillage, performance.

The experimental model of a vibrating subsoil tiller equipped with the vibration exciter of planetary type was made to conduct field research. When conducting multi-factor experiment, the amplitude and travel speed of the tools were selected as significant factors. The oscillation amplitude of the tools was changed by installing the runners with different weight into the vibration exciter. The previous laboratory studies showed that the increased weight of the runner increased in the oscillation amplitude. The travel speed of the tiller was changed by gear changing in the tractor transmission. The comparative evaluation of the field surface after the passage of the vibrating subsoil tiller at various operational regimes showed that use of tool vibration enabled improving agronomic indices of tillage. The following was observed at the technological speed of 2.5 m/s with the runner weight of 9.1 kg as compared to the operational regime without vibration: lumpiness reduction by 18%, ridgeness reduction by 9.5%, and increased stubble retention by 29%. At the same time there was a decrease in the density of the tilled soil layer of 0-0.4 m by 0.17 g per cu cm indicating more efficient soil loosening due to vibration. The study of the particle size distribution of the tilled soil layer of 0-0.4 m showed that the vibration action on the soil structure enabled to selectively affect the soil components. Large soil aggregates of 20-100 mm are subject to the most intense action.

Their pulverization forms valuable fractions of 1-10 mm. The vibration of the subsoil tiller tools reduces its draught resistance by up to 14.38% and improves the performance of the implement due to

reduced tractor wheel slippage. The positive effect caused by the tool vibration increases with increasing oscillation amplitude and decreases with increasing travel speed of the implement.

Нагайка Михаил Андреевич, ст. преп., каф. «Сельскохозяйственные машины», Новосибирский государственный аграрный университет. E-mail: mngayka@mail.ru.

Щукин Сергей Геннадьевич, к.т.н., доцент, зав. каф. «Сельскохозяйственные машины», Новосибирский государственный аграрный университет. E-mail: shykin.sergei@mail.ru.

Головатюк Виктор Антонович, доцент, каф. «Сельскохозяйственные машины», Новосибирский государственный аграрный университет. E-mail: mngayka@mail.ru.

Nagayka Mikhail Andreyevich, Asst. Prof., Chair of Agricultural Machinery, Novosibirsk State Agricultural University. E-mail: mngayka@mail.ru.

Shchukin Sergey Gennadyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery, Novosibirsk State Agricultural University. E-mail: shykin.sergei@mail.ru.

Golovatyuk Viktor Antonovich, Assoc. Prof., Chair of Agricultural Machinery, Novosibirsk State Agricultural University. E-mail: mngayka@mail.ru.

Введение

На современном этапе развития земледельческой науки при возделывании зерновых и зернофуражных культур, обработке паров, улучшении лугов и пастбищ в качестве основной обработки почвы рекомендуется выполнять глубокое безотвальное рыхление [1]. Одним из перспективных путей повышения качества и энергоэффективности выполнения безотвального рыхления является использование вибрационного способа обработки почв. Использование вибрации рабочих органов глубокорыхлителя позволяет повысить степень крошения почвы, снизить её плотность, достичь снижения удельных энергозатрат на выполнение обработки [2-4].

Цель работы – изучить влияние конструктивно-режимных параметров вибрационного глубокорыхлителя на агротехнические и энергетические показатели его работы.

Объект исследования – процесс основной безотвальной обработки почвы вибрационным глубокорыхлителем.

Для проведения полевых исследований был изготовлен экспериментальный образец вибрационного глубокорыхлителя с рабочей шириной захвата 1,8 м, агрегируемый с тракторами третьего тягового класса (рис. 1).

Глубокорыхлитель вибрационный ГВ-1,8 состоит из основной рамы 1, на которой располагается навеска 2. Рабочие органы представлены рыхлительными лапами 3, прикреплёнными к основной раме с шагом 90 см. К кронштейнам 4, закреплённым на основной раме 1, с помощью пальцев 5 крепится дополнительная рама 6, имеющая пальцы для крепления к боковым тягам навески трактора. При этом пальцы 5 имеют возможность свободного перемещения в отверстиях, выполненных в кронштейнах 4. Опорные колёса 7 закреплёны на дополнительной раме 6. В центральной части основной рамы закреплён вибровозбудитель 8 с приводом от гидромотора 9. Привод гидромотора ГМШ-32-Л осу-

ществляется от шестерёнчатого насоса НШ-50, установленного на тракторе. Технические характеристики ГВ-1,8 приведены в таблице 1.

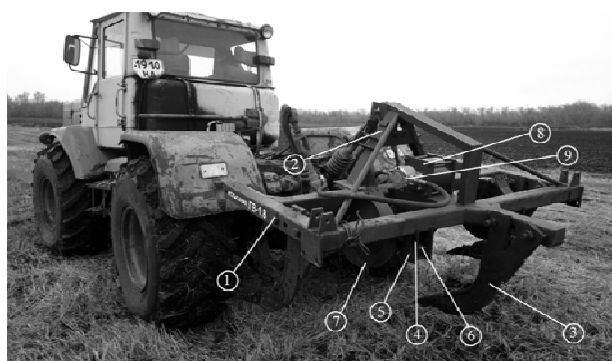


Рис. 1. Экспериментальный образец вибрационного глубокорыхлителя ГВ-1,8:

- 1 – основная рама; 2 – навеска;
- 3 – рыхлительная лапа; 4 – кронштейн;
- 5 – палец; 6 – дополнительная рама;
- 7 – опорное колесо;
- 8 – вибровозбудитель; 9 – гидромотор

Таблица 1
Технические характеристики ГВ-1,8

| | |
|----------------------------------|---------|
| Ширина захвата конструктивная, м | 2,04 |
| Ширина захвата рабочая, м | 1,8 |
| Глубина обработки, м | до 0,45 |
| Технологическая скорость, км/ч | до 10 |
| Количество рабочих органов, шт. | 3 |
| Масса машины, кг | 412 |

Методика исследований

Полевые исследования с использованием экспериментального образца вибрационного глубокорыхлителя ГВ-1,8 проводились в осенний период на опытных полях ГНУ СибФТИ и ГНУ СибНИИ кормов Россельхозакадемии, расположенных в Новосибирском районе Новосибирской области. Почва на опытном поле представлена выщелоченным чернозёмом, мощность гумусового горизонта – в преде-

лах 0,41-0,45 м. На предоставленном для опытов участке поля в течение трёх лет возделывалась яровая пшеница по технологии прямого посева. Агротехнический фон поля был представлен стернёй пшеницы. Обработка поля глубокорыхлителем проводилась на глубину 0,4 м.

На основании априорной информации при проведении многофакторного эксперимента значимыми факторами были выбраны амплитуда колебаний и поступательная скорость движения рабочих органов [2, 3]. С целью варьирования амплитуды колебаний рабочих органов в вибровозбудитель устанавливались бегунки различной массы. Проведёнными ранее лабораторными исследованиями нами установлено, что увеличение массы бегунка приводит к росту амплитуды колебаний. Скорость движения машинно-тракторного агрегата (МТА) изменялась путём подбора передачи трансмиссии трактора, обеспечивающей прохождение зачётного участка за необходимый промежуток времени. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов при проведении опытов

| Интервал варьирования и уровни факторов | Управляемые факторы | |
|---|---------------------|------------------------|
| | масса бегунка, кг | скорость движения, м/с |
| Нулевой уровень $x_i=0$ | 6,825 | 1,66(6) |
| Интервал варьирования Δx_i | 2,275 | 0,83(3) |
| Нижний уровень $x_i=-1$ | 4,55 | 0,83(3) |
| Верхний уровень $x_i=+1$ | 9,1 | 2,5 |
| Кодирование фактора | X_1 | X_2 |

При проведении опытов определялись следующие агрофизические свойства почвы: гребнистость, глыбистость, сохранение стерни, плотность и агрегатный состав почвы. Определение указанных показателей проводилось по методикам, утверждённых ГОСТом [5]. Анализ почвенных проб проводился лабораторией современных проблем экспериментальной агрохимии Новосибирского государственного аграрного университета (аттестат ФАТРиМ № РОСС RU.0001.514898 от 17 мая 2010 г.). По результатам проведённых исследований получены заключения лаборатории.

Для комплексной оценки структуры обработанной почвы определялся коэффициент структурности:

$$K_C = \frac{m_{0,25-10}}{m}, \quad (1)$$

где $m_{0,25-10}$ – масса фракций размером от 0,25 мм до 10 мм, кг;

m – общая масса пробы, кг.

Тяговое сопротивление определялось с помощью динамометра ДПУ-5-2-У2. Энергетическая оценка рабочего процесса экспери-

ментального вибрационного глубокорыхлителя осуществлялась в соответствии с ГОСТ Р 52777-2007 [6].

Полученные экспериментальные данные статистически обработаны по общеизвестным методикам [7, 8].

Результаты исследований

Сравнительная оценка поверхности поля после проходов ГВ-1,8 в различных режимах работы показала, что использование вибрации рабочих органов позволяет достичь улучшения агротехнических показателей обработки почвы (табл. 3).

Установлено, что возрастание амплитуды колебаний, вызванное увеличением массы бегунка, приводит к снижению глыбистости и гребнистости поверхности обработанной почвы, а также способствует сохранению стерни. Повышение поступательной скорости движения агрегата приводит к снижению полезного эффекта от вибрации рабочих органов. На технологической скорости 2,5 м/с, при установке бегунка массой 9,1 кг, по сравнению с режимом без вибрации, наблюдалось снижение глыбистости на 18%, гребнистости – на 9,5%, повышение сохранения стерни – на 29%.

Определение плотности почвы на опытном поле выявило значительное её переуплотнение (1,38 г/см³ в слое 0-0,4 м) в результате многократных проходов сельскохозяйственной техники на протяжении трех лет возделывания пшеницы по технологии прямого посева. Результаты опытов показали, что использование вибрации рабочих органов позволяет, в сравнении с режимом работы без вибрации, более эффективно разуплотнять почву. Установлено, что положительный эффект от вибрации возрастает с увеличением амплитуды колебаний и снижается при увеличении скорости движения МТА (рис. 2).

На технологической скорости 2,5 м/с при установке бегунка массой 9,1 кг по сравнению с режимом без вибрации наблюдалось снижение плотности обработанной почвы в слое 0-0,4 м на 0,17 г/см³.

Изучение агрегатного состава обработанной почвы показало, что увеличение амплитуды колебаний рабочих органов в исследуемом диапазоне вызывает повышение степени крошения почвы и улучшение её структуры (рис. 3).

В результате анализа гранулометрического состава обработанной почвы в слое 0-0,4 м установлено, что вибрационное воздействие на почвенную структуру позволяет избирательно воздействовать на её элементы. Наиболее интенсивному воздействию подвергаются крупные почвенные агрегаты размером 20–100 мм, в результате крошения которых образуются агрономически ценные фракции размером 1-10 мм.

Агротехнические показатели работы вибрационного глубокорыхлителя

| Режим работы вибрационного глубокорыхлителя ГВ-1,8 | | Агротехнические показатели качества выполнения рабочего процесса | | |
|--|------------------------|--|-----------------|----------------------|
| масса бегунка, кг | скорость движения, м/с | глыбистость, % | гребнистость, % | сохранение стерни, % |
| * | 2,5 | 26 | 21 | 52 |
| 4,55 | 2,5 | 21 | 20,5 | 56 |
| 4,55 | 0,83 | 14 | 18 | 68,5 |
| 9,1 | 2,5 | 8 | 11,5 | 81 |
| 9,1 | 0,83 | 3 | 8 | 92 |

* Вариант использования ГВ-1,8 без подключения вибровозбудителя.

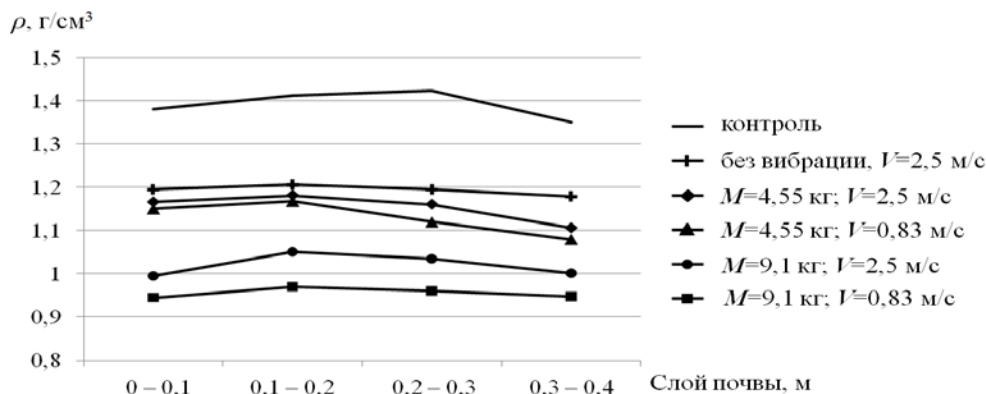


Рис. 2. Графики зависимости плотности почвы ρ от массы бегунка M и поступательной скорости движения агрегата V

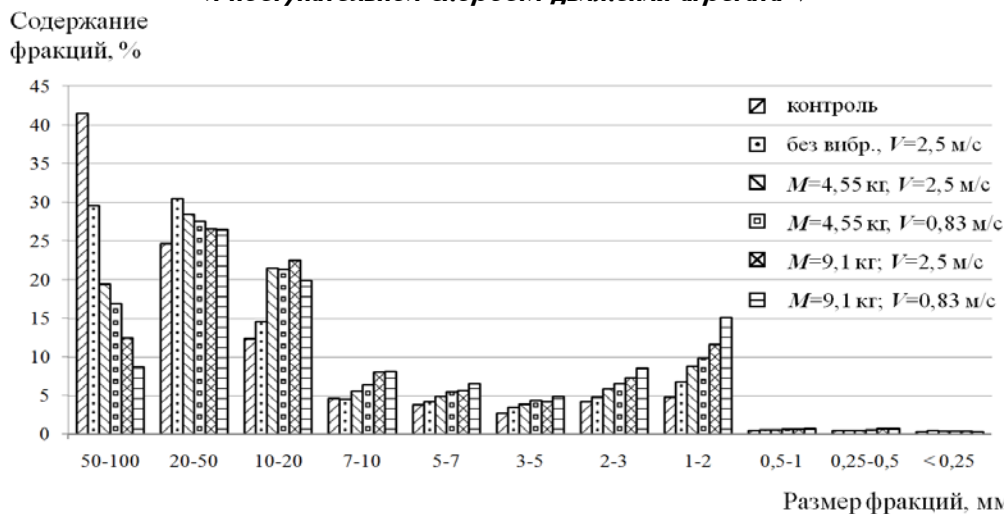


Рис. 3. Гистограмма зависимости гранулометрического состава обработанной почвы в слое 0-0,4 м от массы бегунка M и поступательной скорости движения агрегата V

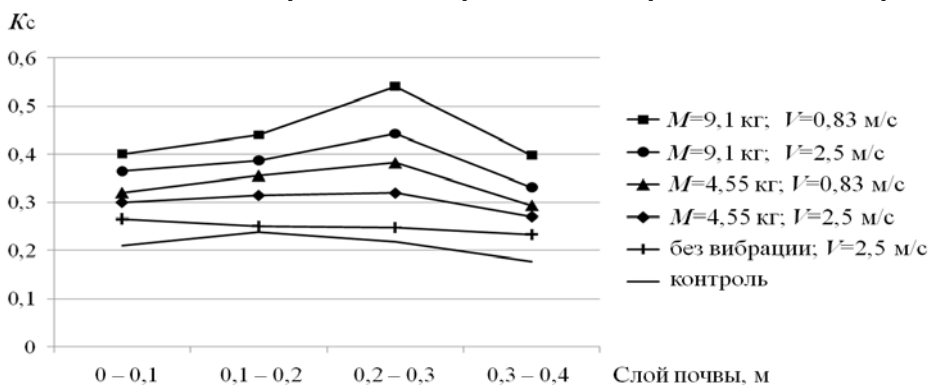


Рис. 4. Графики зависимости коэффициента структурности обработанной почвы K_c от массы бегунка M и поступательной скорости движения агрегата V

Графики зависимости коэффициента структурности обработанной почвы от массы бегунка и поступательной скорости движения МТА приведены на рисунке 4.

На технологической скорости 2,5 м/с при установке бегунка массой 9,1 кг, по сравнению с режимом без вибрации, коэффициент структурности обработанной почвы в слое 0-0,4 м увеличился на 0,13 (с 0,247 до 0,377).

Из проведённой серии опытов наилучшие агротехнические показатели основной безотвальной обработки почвы были получены при установке бегунка массой 9,1 кг, обеспечивающего наиболее высокую амплитуду колебаний рабочих органов. Определение тягового сопротивления машины с этим бегунком на технологической скорости 2,5 м/с и без вибрации, на той же скорости, показало, что использование вибрации рабочих органов позволило снизить тяговое сопротивление с 28,5 до 24,4 кН (на 14,38%). Снижение тягового сопротивления способствует снижению удельной энергоёмкости процесса обработки почвы и коэффициента буксования колёс трактора, что позволяет повысить производительность МТА.

Выводы

1. Использование вибрации рабочих органов глубокорыхлителя позволяет повысить качество выполнения основной безотвальной обработки почвы. При технологической скорости 2,5 м/с достигается снижение глубины на 18%, гребнистости – на 9,5, сохранение стерни повышается на 29%. Плотность обработанной почвы в слое 0-0,4 м снижается на 0,17 г/см³. Коэффициент структурности обработанной почвы в слое 0-0,4 м повышается на 0,13.

2. Вибрационное воздействие на почвенную структуру позволяет избирательно воздействовать на её элементы. Наиболее интенсивному воздействию подвергаются крупные почвенные агрегаты размером 20-100 мм, в результате крошения которых образуются агрономически ценные фракции размером 1-10 мм.

3. Использование вибрации рабочих органов глубокорыхлителя позволяет снизить его тяговое сопротивление на величину до 14,38% и повысить производительность МТА за счёт снижения буксования движителей трактора.

4. Положительный эффект от вибрации рабочих органов повышается с ростом амплитуды колебаний и снижается с увеличением скорости движения МТА.

Библиографический список

1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / под ред. В.И. Кирюшина и А.Н. Власенко. – РАСХН.

Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. – Новосибирск: Сиб. отд-ние РАСХН, 2002. – 388 с.

2. Tabatabaekoloor R., Seyedi S.R.M. Effect of vibratory and non-vibratory subsoiling on the soil engineering properties // Power and Machinery. International Conference of Agricultural Engineering. – CIGR-AgEng 2012: Agriculture and Engineering for a Healthier Life, Valencia, Spain, 8-12 July 2012. – 2012. – P. P-1634.

3. Karoonboonyanan R., Salokhe V.M., Niyamapa T., Nakashima H. Vibration Effects on the Performance of a Single-Shank Subsoiler // Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal [Elektronnyi resurs]. – 2007. – URL: <https://dspace.library.cornell.edu/bitstream/1813/10720/1/PM%2007%20018%20Salokhe%20final%2028Sept2007.pdf> (data obrashcheniya: 15.02.2015).

4. Harrison H.P. Draft, Torque, and Power Requirements of a Simple Vibratory Tillage Tool // Canadian Agricultural Engineering. – 1973. – Vol. 15 (2). – P. 71-74.

5. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013. – 23 с.

6. ГОСТ Р 52777-2007. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.

7. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

8. Адлер Ю.П., Макарова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

References

1. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya Novosibirskoi oblasti / pod red. V.I. Kiryushina i A.N. Vlasenko. – RASKhN. Sib. otd-nie. SibNIIZKhim. – Novosibirsk: Sib. otd-nie RASKhN, 2002. – 388 s.

2. Tabatabaekoloor R., Seyedi S.R.M. Effect of vibratory and non-vibratory subsoiling on the soil engineering properties // Power and Machinery. International Conference of Agricultural Engineering. – CIGR-AgEng 2012: Agriculture and Engineering for a Healthier Life, Valencia, Spain, 8-12 July 2012. – 2012. – P. P-1634.

3. Karoonboonyanan R., Salokhe V.M., Niyamapa T., Nakashima H. Vibration Effects on the Performance of a Single-Shank Subsoiler // Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal [Elektronnyi resurs]. – 2007. – URL: <https://dspace.library.cornell.edu/bitstream/1813/10720/1/PM%2007%20018%20Salokhe%20final%2028Sept2007.pdf> (data obrashcheniya: 15.02.2015).

4. Harrison H.P. Draft, Torque, and Power Requirements of a Simple Vibratory Tillage Tool // Canadian Agricultural Engineering. – 1973. – Vol. 15 (2). – P. 71-74.

5. GOST 20915-2011. Ispytaniya sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. Metody opredeleniya uslovii ispytaniy. – М.: Standartinform, 2013. – 23 с.

6. GOST R 52777-2007. Tekhnika sel'skokhozyaistvennaya. Metody energeticheskoi otsenki. – М.: Standartinform, 2008. – 12 с.

7. Spiridonov A.A. Planirovanie eksperimenta pri issledovanii tekhnologicheskikh protsessov. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 184 с.

8. Adler Yu.P., Makarova E.V., Granovskii Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii. – М.: Nauka, 1976. – 279 с.



УДК 621.316

**И.В. Наумов, С.В. Подъячих, Д.А. Иванов,
М.В. Шевченко, Г. Дамдинсүрэн**
I.V. Naumov, S.V. Podiachikh, D.A. Ivanov,
M.V. Shevchenko, Damdinsuren Gantulga

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38 кВ МОНГОЛИИ

THE ESTIMATION OF QUALITY AND SUPPLEMENTARY LOSSES OF ELECTRIC POWER IN RURAL POWER DISTRIBUTION NETWORKS OF 0.38 KV IN MONGOLIA

Ключевые слова: качество электрической энергии, измерение, несимметрия напряжений, электрическая сеть, исследование, дополнительные потери мощности.

Приводятся исследования несимметричных режимов работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ в Монголии. Одна из главных причин выхода показателей качества электроэнергии за нормированные значения заключается в неравномерной нагрузке фаз сети, что также приводит и к увеличению потерь электроэнергии. Исследования несимметричных режимов работы сельских распределительных сетей 0,38 кВ производятся в три этапа: измерение, расчет и анализ полученных данных; практические рекомендации; технические средства для нормализации режима работы сети. Измерения проводились сертифицированным прибором «Ресурс-UF2M». По результатам исследований и анализа полученных зависимостей показателей несимметрии напряжений и дополнительных потерь мощности в действующих сетях 0,38 кВ установлено, что качество электрической энергии в исследуемых сетях не соответствует требованиям государственного стандарта, а сами показатели несимметрии напряжений превышают установленные ГОСТом значения.

Keywords: electric power quality, measurement, voltage unbalance, power network, research, supplementary losses of power.

Unbalanced operation of rural power distribution networks 0.38 kV in Mongolia is studied. One of the main causes of electric power quality indices exceeding the rated values is unbalanced load of network branches which also results in increased power losses. The research of the unbalanced operation of rural electric power distribution networks 0.38 kV was conducted in the following three steps: measuring, calculation and analysis of the obtained data, developing practical guidelines and proposing technical devices to normalize network operation. The measurements were made with a certified device "Resurs-UF2M". The obtained research results and the analysis of the obtained dependences of voltage unbalance indices and supplementary losses of power in the operating networks 0.38 kV revealed that the quality of electric power in the examined networks does not meet the requirements of the State Standard and the voltage unbalance indices exceed the values established by the GOST (State Standard).

Наумов Игорь Владимирович, д.т.н., проф., каф. электроснабжения и электротехники. Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет. E-mail: professor-naumov@list.ru.

Подъячих Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, зав. каф. электроснабжения и электротехники, Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: PSV78@yandex.ru.

Иванов Дмитрий Александрович, к.т.н., доцент, каф. электроснабжения и электротехники, Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: ivanov-irk@yandex.ru.

Naumov Igor Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Natl. Research Irkutsk State Technical University. E-mail: professornaumov@list.ru.

Podiachikh Sergey Valeryevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk State Agricultural Academy. E-mail: PSV78@yandex.ru.

Ivanov Dmitriy Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk State Agricultural Academy. E-mail: ivanov-irk@yandex.ru.