

УДК 551.582:551.506.9

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА****Киприянов Ф.А., ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА»**

Одними из важнейших факторов, зачастую определяющих эффективность функционирования сельскохозяйственных предприятий, являются региональные особенности, обуславливающие количество площадей, пригодных для возделывания сельскохозяйственных культур и климатические условия, оказывающие непосредственное влияние на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур. Так, избыточное количество осадков в период посевной приведет к изменению срока начала посева возделываемых культур, а дождливая погода во время уборки урожая значительно затруднит заготовку кормов, сказавшись не только на фактическом объеме заготовленного корма, но и снизит его энергетическую ценность. Сумма активных температур, характерная для условий конкретного сельскохозяйственного предприятия, определяет потенциальную возможность выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры. Кроме этого, направление ветра является одним из факторов, определяющим возможность территориального размещения объектов животноводства. Климатические данные, получаемые предприятиями по прогнозу погоды, позволяют учитывать ряд выше указанных факторов в сельскохозяйственном производстве. Интенсивное развитие современных цифровых технологий существенно повысило точность метеорологических прогнозов и позволяет в автоматическом режиме получать данные по текущей климатической ситуации, по прогнозу изменения основных климатических показателей и оценке территориально-климатических особенностей, характерных для конкретного предприятия. Применение автоматизированных погодных сервисов позволит не только оперативно оценивать текущую климатическую ситуацию, но и проводить оценку возможности внедрения новых сельскохозяйственных культур, с дальнейшим формированием агроклиматической карты сельскохозяйственного предприятия, являющейся одним из условий реализации адаптивно-ландшафтного земледелия. В статье приведен пример возможности использования автоматизированного погодного сервиса Яндекс. Погода для сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: климат, климатические данные, прогноз погоды, сумма активных температур, количество осадков, Яндекс, погода

Для цитирования: Киприянов Ф.А., Использование цифровых технологий при оценке климатических условий сельскохозяйственного производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 70-74.

Введение. Эффективность функционирования сельскохозяйственных предприятий находится в прямой зависимости от агроклиматических условий, в которых осуществляются технологические процессы. Климатические условия не только определяют урожайность сельскохозяйственных культур, в той или иной степени реализуя их продуктивный потенциал, но

и то, какая доля урожая будет убрана [6].

Качественные и своевременные климатические данные имеют первостепенное значение для большинства технологических процессов сельскохозяйственных предприятий. На основании анализа текущей климатической ситуации и прогноза возможного изменения погодных условий агрономические службы прини-

мают решения о начале технологических операций по посеву или уборке сельскохозяйственных культур и т.д.

Технологический скачок в области обработки информации, характерный для последнего десятилетия, позволил улучшить получение и обработку климатических данных. Интеллектуальные решения, основанные на современных алгоритмах обработки данных и методах машинного обучения, существенно повышают точность прогнозов.

Методика исследований. Одним из сервисов, представляющих результаты своих разработок в области прогнозов погоды, является широко известный сервис Яндекс. Погода [10]. Он предполагает обширный инструментарий, основанный на применении технологии Meteum [8], доступный как обычному пользователю, так и разработчикам программных продуктов, применяемый как для анализа текущей ситуации, так и для прогноза климатических изменений, предоставляя данные по фактическому значению и прогнозу погоды, климатические данные по месяцам, климатические данные по дням и погодные предупреждения.

На первоначальном этапе исследований осуществлена обработка данных, полученных для районных центров Вологодской области. Проведена оценка потенциальной возможности использования данных в сельскохозяйственном

производстве и агроклиматическом районировании.

Рассматривая данный сервис в сфере применимости в сельском хозяйстве для повышения эффективности производства, важное значение имеет получение климатических данных по дням и месяцам в течение года, которые можно получить путем специализированных запросов через сервис Application Programming Interface (API) Яндекс. Погоды [1].

Результаты и их обсуждение. Погодные данные, получаемые через данный сервис, условно можно разбить на несколько блоков. Блок климатических данных, предоставляемый по запросам:

<https://api.weather.yandex.ru/v1/locations/<geoid>/longterm> (климат по дням), далее «longterm» и <https://api.weather.yandex.ru/v1/locations/<geoid>/climate> (климат по месяцам), далее «climate», характеризующий населенный пункт по расположению и некоторым общим характеристикам, таким, как давление, температура воды, и влажность, которые не играют значимой роли при проектировании и планировании технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, фрагмент примера ответа на запрос климата по месяцам для региона с идентификатором 239:

<https://api.weather.yandex.ru/1/locations/239/climate>. приведен на рис. 1.

```
"rainy_days": 4.75,  
"min_night_t": 5.0062561035,  
"h": 0.6394042969,  
"lon": 39.68176651,  
"max_day_t": 6.4750061035,  
"prec": 110.0079956055,  
"sunny_days": 8.7222223282,  
"p": 733,  
"time": 1,  
"lat": 43.6456489563,  
"twater": 5.418762207
```

Рисунок 1 – Фрагмент примера ответа на запрос климата по месяцам

Более подробного внимания заслуживает следующий блок данных, предоставляемый по запросу «longterm» с условным названием «Проектировочные», в которые входят такие параметры, как направление ветра, угол направления ветра в градусах, максимальная скорость ветра (в м/с). Указанные данные можно использовать при проектировании животноводческих комплексов, где одним из важнейших условий при выборе места расположения является роза ветров, отражающая преобладающие ветры в населенном пункте.

Так, анализ показал, что розы ветров имеют отличие даже для районных центров двух соседних районов Сямженского и Верховажского (рис. 2). Хотя преобладающие ветры и имеют

одно направление SW, как и в целом по области, однако в Сямже количество западных ветров существенно больше, с уменьшением количества ветров южного направления, что может выглядеть довольно странно, поскольку Верховажье с географической точки зрения расположено севернее. Данное наблюдение еще раз подчеркивает необходимость использования индивидуальных климатических данных для населенных пунктов. Данные по силе ветра, предоставляемые также по запросу «longterm», могут быть использованы при проектировании высотных конструкций, в частности систем молниезащиты животноводческих комплексов, зерносортировальных сушильных пунктов и т.д.

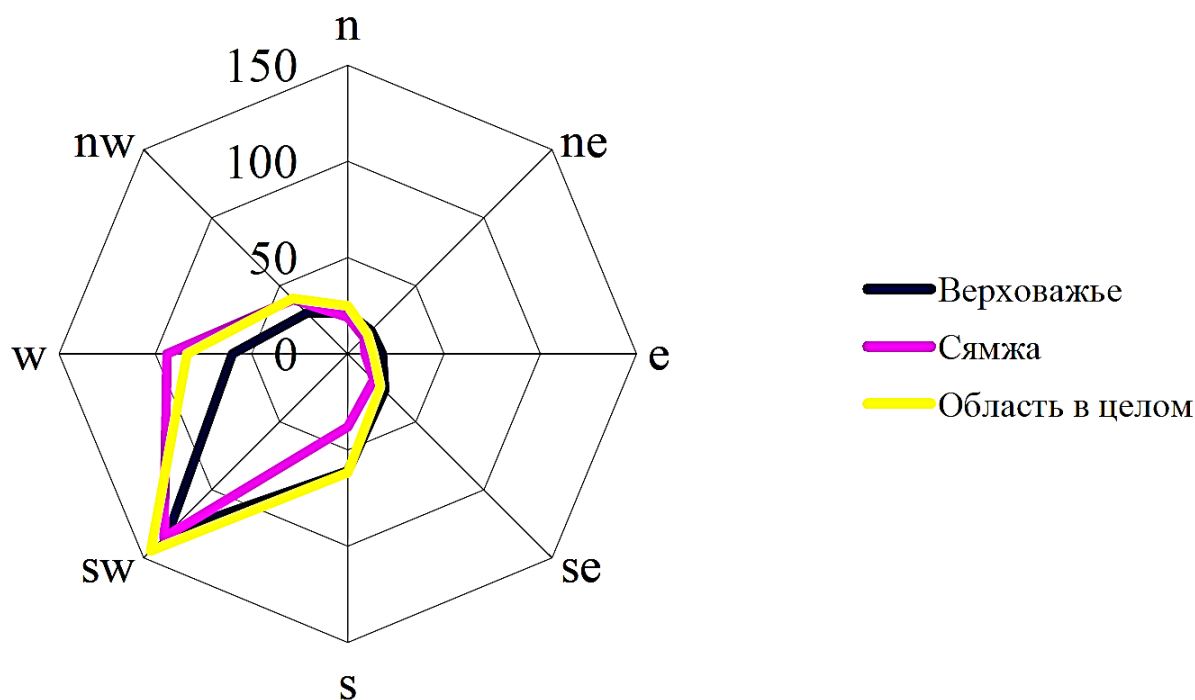


Рисунок 2 – Розы ветров районных центров Сямженского и Верховажского районов

Анализируя блок агроклиматических данных, предоставляемых по обоим запросам, следует отметить, что важнейшее значение имеют температура и количество осадков. Данные факторы позволяют определить сумму активных температур, продолжительность безморозного периода и годовую сумму температур. Ввиду того что для жизнедеятельности растений критическое значение имеет отрицательная температура, то для определения продолжительности безморозного периода взята минимальная ночная температура. Данный показа-

тель также взят для определения суммы активных температур $>5^{\circ}\text{C}$ и $>10^{\circ}\text{C}$. Следует отметить, что определение данных параметров по минимальной ночной температуре в конечном итоге несколько уменьшит сумму активных температур, но позволит в какой-то мере обеспечить страховку от погодных рисков при планировании производства.

Сумма активных температур и продолжительность безморозного периода имеют значение при выборе культуры для возделывания. Так, например, сумма активных температур

$>10^{\circ}\text{C}$ для выращивания одной из наиболее распространенных культур Вологодской области – ярового ячменя составляет около 1000°C [2, 9, 4]. И его выращивание возможно во всех населенных пунктах, климатические данные по которым обработаны. Некоторые проблемы могут возникнуть при выращивании в районе Великого Устюга (рис. 3), где сумма активных температур $>10^{\circ}\text{C}$ составляет $\approx 1085^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур для выращивания, например, овса отличается довольно широким интервалом и составляет $1000-1500^{\circ}\text{C}$ для сортов раннего созревания, $1350-$

1650°C для сортов среднего срока созревания и $1500-1800^{\circ}\text{C}$ [4, 5, 3], что делает рискованным выращивание последних в ряде районов области. Выращивание, например, кукурузы на зерно для условий Вологодской области будет практически невозможно, поскольку сумма активных температур для данной культуры составляет $1800-2600^{\circ}\text{C}$ [7].

Ряд других данных позволят при планировании сельскохозяйственных работ учитывать вероятность появления осадков и прогнозировать продолжительность процесса заготовки кормов.

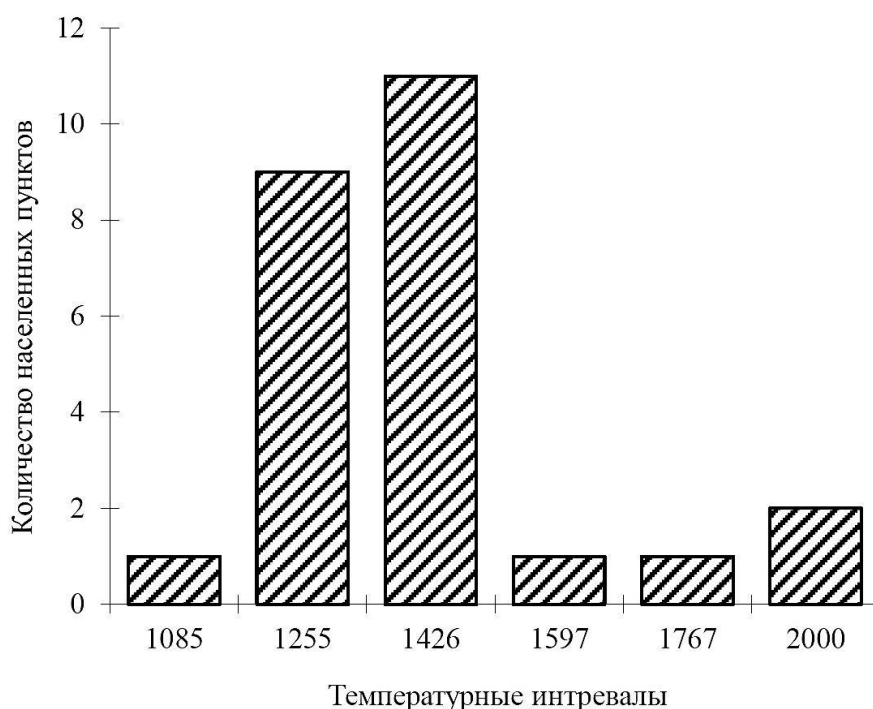


Рисунок 3 – Температурные интервалы суммы активных температур

Заключение. Данные, полученные через сервис API Яндекс.Погоды с довольно высокой степенью точности, позволяют оценивать текущую климатическую ситуацию и прогнозировать её изменения для условий конкретного сельскохозяйственного предприятия. Также актуальным может быть получение информации по температуре почвы для определения начала посевной кампании и в целом это позволит повысить эффективность производства, избежав погодных рисков. Кроме этого, следует отметить изменение климатических условий за последние десятилетия, что в свою очередь требует глобального пересмотра климатического районирования и корректировки региональных климатических справочников.

Авторская благодарность. Автор выражает благодарность Ганьшину Александру Викторовичу, специалисту ФГБУ «Центральная агрологическая обсерватория», за консультацию по составлению климатических карт региона, специалистам службы технической поддержки сервиса Яндекс. Погода за профессионализм и помощь при обработке климатических данных.

Список используемой литературы

1. API Яндекс. Погоды URL: <https://tech.yandex.ru/weather/> (дата обращения: 28.12.2017).
2. Алабушев А.В. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового

ячменя. М.: ФГНУ «Росинформмагротех», 2009. С. 60.

3. Елисеев С. Л., Елисеев А. С. Выхревание зерна кукурузы в северных районах кукурузосеяния // Пермский аграрный вестник. 2015. № 9. С.11-18.

4. Наговицын И.В., Башков А.С. Интенсивная технология выращивания ячменя и овса // Интенсивные технологии на полях Удмуртии, опыт и рекомендации. Устинов: Удмуртия, 1986. С. 47-53.

5. Новикова Л.Ю., Дюбин В.Н., Сеферова И.В., Лоскутов И.Г., Зуев Е.В. Прогнозирование продолжительности вегетационного периода сортов яровых зерновых культур в условиях изменения климата // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 5. С.78-87.

6. Оробинский Д.Ф. Универсальный пункт сушки льносырья // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 3. С. 2-4.

7. Стрижова Ф. М. Биологические особенности и технология возделывания основных полевых культур в Алтайском крае: учебное пособие. Барнаул: Издательство АГАУ, 2006. С. 124.

8. Технология Meteum URL: <https://yandex.ru/pogoda/meteum> (дата обращения: 28.12.2017).

9. Юданова А.В. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового ячменя // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2010. № 1. С. 177.

10. Яндекс. Погода URL: <https://yandex.ru/pogoda> (дата обращения: 28.12.2017).

References

1. API Yandeks.Pogody URL: <https://tech.yandex.ru/weather/> (data obrashcheniya: 28.12.2017).

2. Alabushev A.V. Perspektivnaya resursos beregayushchaya tekhnologiya proizvodstva yarovogo yachmenya/A.V. Alabushev, Ye.G. Filipov, V.I. Shcherbakov, N.G. Yankovskiy, Ye.L. Revyakin, G.A. Gogolev. M.: FGNU «Rosinformmagrotekh», 2009. S. 60.

3. Yeliseev S. L., Yeliseev A. S. Vyzrevanie zerna kukuruzy v severnykh rayonakh kukuruzoseyaniya // Permskiy agrarnyy vestnik. 2015. № 9. S.11-18.

4. Nagovitsyn I.V., Bashkov A.S. Intensivnaya tekhnologiya vyrashchivaniya yachmenya i ovsa // Intensivnye tekhnologii na polyakh Udmurtii opyt i rekomendatsii. Ustinov: Udmurtiya, 1986. S. 47-53.

5. Novikova L.Yu., Dyubin V.N., Seferova I.V., Loskutov I.G., Zuev Ye.V. Prognozirovanie prodolzhitelnosti vegetatsionnogo perioda sortov yarovykh zernovykh kultur v usloviyakh izmeneniya klimata // Selskokhozyaystvennaya biologiya. 2012. № 5. S.78-87.

6. Orobinskiy D.F. Universalnyy punkt sushki lnosyrya /D.F. Orobinskiy, R.A. Shushkov//Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. 2013. № 3. S. 2-4.

7. Strizhova F. M. Biologicheskie osobennosti i tekhnologiya vzdelyvaniya osnovnykh polevykh kultur v Altayskom krae: uchebnoe posobie / F. M. Strizhova, L. Ye. Tsareva, N. I. Shevchuk, E. V. Putilin, L. V. Ozhogina; pod red. F. M. Strizhovoy. Barnaul: Izdatelstvo AGAU, 2006. С. 124.

8. Tekhnologiya Meteum URL: <https://yandex.ru/pogoda/meteum> (data obrashcheniya: 28.12.2017).

9. Yudanova A.V. Perspektivnaya resursos beregayushchaya tekhnologiya proizvodstva yarovogo yachmenya // Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK. Referativnyy zhurnal. 2010. № 1. S. 177.

10. YandeksPogoda URL: <https://yandex.ru/pogoda> (data obrashcheniya: 28.12.2017).

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ РАЗГОННЫХ ЛОПАТОК СМЕСИТЕЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Колобов М.Ю., ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»;
Колобова В.В., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА

Основными направлениями ресурсосбережения в кормопроизводстве следует считать повышение качества измельчения и смешивания различных компонентов. Реализация этих направлений позволит существенно снизить энергоемкость кормоприготовления, повысить качество кормов и как результат – продуктивность животных. Предложена технология приготовления комбикормов на животноводческих фермах и комплексах, содержащая загрузочный бункер, измельчитель, транспортеры, бункеры-дозаторы, смеситель непрерывного действия, бункер-накопитель. Смешивание компонентов – один из основных процессов производства комбикормов. Однородность состава обеспечивает одинаковую питательную ценность комбикорма во всех частях его объема. Установка для приготовления комбикормов содержит разработанный смеситель непрерывного действия гравитационного типа. Проведены исследования по смешиванию зерновых компонентов комбикормов (пшеница, ячмень, овес) в разработанном смесителе. Получали зерносмеси в пропорции 0,6:0,2:0,2 соответственно пшеницы, ячменя и овса (пшеница «Приокская», ячмень «Одесский 100», овёс «Борус»). По результатам однофакторных исследований были определены интервалы и уровни варьирования факторов и реализована матрица плана эксперимента 3^3 . В качестве независимых переменных использовались: производительность смесителя, частота вращения диска, высота выгрузки. Наибольшее влияние на коэффициент неоднородности оказывает производительность смесителя и частота вращения диска. Главным недостатком смесителей является относительно низкий ресурс рабочих органов, что требует частой замены их или полного восстановления и повышает эксплуатационные расходы. Изнашивание рабочей поверхности разгонных лопаток смесителя происходит в результате скольжения материала по лопаткам. Износ разгонных лопаток ведет к изменению направления движения и скорости частиц, вылетающих с поверхности лопаток, что отрицательно сказывается на качестве получаемой смеси. В экспериментальных исследованиях по износу плоских разгонных лопаток применяли кварцевый песок, который многие исследователи используют как модельный материал. Лопатки были изготовлены из широко распространенных марок сталей разной твердости: Ст. 3, 40Х, 45, 65Г. Использование разгонных лопаток, изготовленных из стали 40Х, повышает их ресурс в 1,5-2,0 раза, стали 45 – 2,0-3,0 раза, стали 65Г – 3,5-13,5 раза в зависимости от частоты вращения диска.

Ключевые слова: процесс смешивания, смеситель, разгонные лопатки, качество смеси, износостойкость.

Для цитирования: Колобов М.Ю., Колобова В.В. Износостойкость разгонных лопаток смесителя непрерывного действия // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 75-78.

Введение. В современных условиях потребление зерна, нормированный его расход при кормлении крупного рогатого скота приобретают большую актуальность, тем более что конкуренция на рынке кормов постоянно требует поиска новых путей повышения качества кормовых смесей и снижения производственных затрат. В

структуре себестоимости животноводческой продукции корма стоят на первом месте. На их долю приходится 60-70 % затрат, а в валовом производстве кормов в стране концентрированные корма занимают более 30 %. В ближайшее десятилетие планируется производить на комбикормовых заводах около 55 % комбикормов, а

оставшуюся часть изготавливать в хозяйствах, используя покупные БВД и собственный фураж.

Отметим, что промышленное оборудование, предназначенное для этих целей, имеет большую металло- и энергоемкость, поэтому важным направлением развития техники смешения является разработка компактных, малоэнергоёмких и надежных смесителей.

Цель и задачи исследований. Предлагаем технологию приготовления комбикормов [1, 2, с. 71-75] на животноводческих фермах и комплек-

сах, содержащую загрузочный бункер, измельчитель, транспортеры, бункеры-дозаторы, смеситель непрерывного действия, бункер-накопитель.

Смешивание компонентов – один из основных процессов производства комбикормов. Однородность состава обеспечивает одинаковую питательную ценность комбикорма во всех частях его объема.

Установка для приготовления комбикормов содержит разработанный смеситель непрерывного действия гравитационного типа (рис. 1) [3].

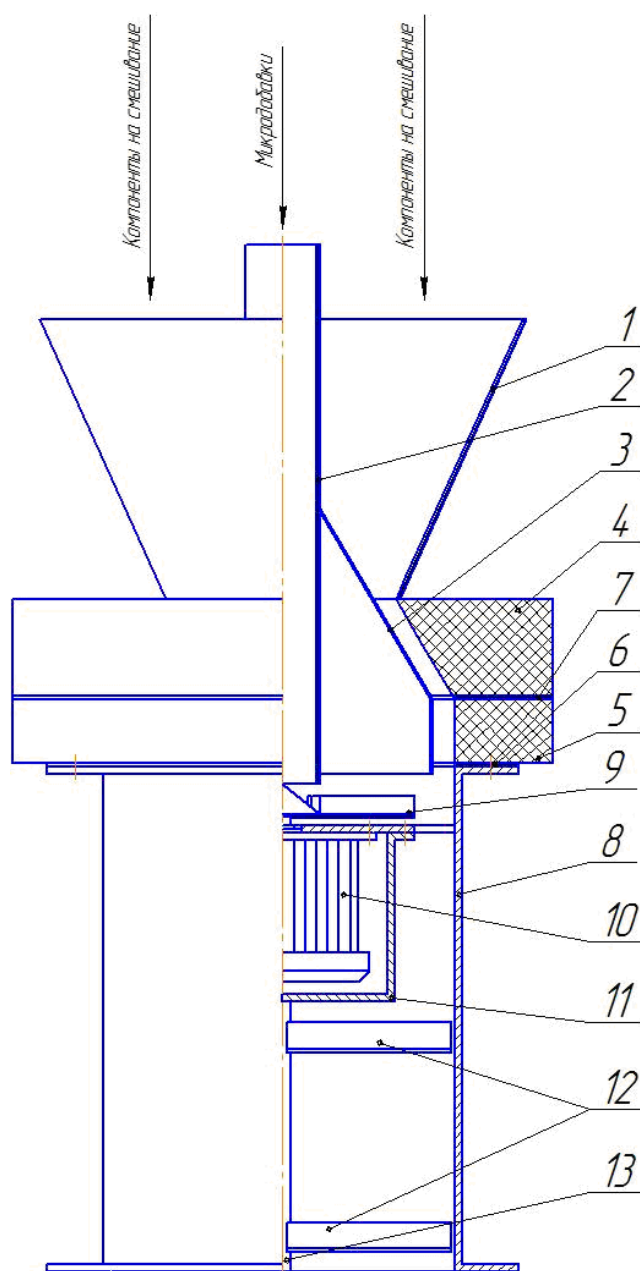


Рисунок 1– Смеситель

- 1 – конус загрузочный; 2 – патрубок загрузочный; 3 – конус направляющий; 4 – крышка;
5 – корпус; 6,7 – прокладка; 8 – корпус смесителя; 9 – диск с лопатками;
10 – электродвигатель; 11 – кожух защитный; 12 – лопатки направляющие; 13 – ось

Смеситель работает следующим образом. Материалы, которые необходимо смешать, дозируются в загрузочный конус 1. Далее поток материалов поступает на направляющий конус 3. Сформировавшийся круговой поток материалов попадает под поток воздуха, создаваемого диском с лопатками.

Сухие микродобавки поступают через центральный загрузочный патрубок 2 на вращающийся диск с лопатками 9.

За счет лопаток диска между защитным кожухом 11 и корпусом смесителя 8 создается закрученный поток материала и начинается его смешивание по площади поперечного сечения.

Окончательное перемешивание происходит за счет лопаток 12, закрепленных на свободно подвешенной оси 13. Угол наклона оси лопаток и их поворот относительно собственной оси можно изменять, создавая (опытным путём) наиболее благоприятные условия для перемешивания материалов.

Разработаны теоретические положения по обоснованию конструктивно-технологических параметров смесителя непрерывного действия [4, с. 66-71].

Проведены исследования по смешиванию зерновых компонентов комбикормов (пшеница, ячмень, овес) в разработанном смесителе. Получали зерносмеси в пропорции 0,6:0,2:0,2 соответственно пшеницы, ячменя и овса (пшеница «Приокская», ячмень «Одесский 100», овёс «Борус»).

Были получены математические модели процесса смешивания зерновых компонентов комбикормов в смесителе непрерывного действия.

Качество смеси оценивали по коэффициенту неоднородности (вариации), который вычисляли по формуле:

$$V_c = \frac{100}{\bar{c}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2},$$

где $\bar{c}$ - среднее арифметическое значение концентрации ключевого компонента в пробах в %; c_i - значение концентрации ключевого компонента в i -ой пробе в %; n - число проанализированных проб.

Равномерность смешивания получаемой смеси составляет не менее 90 %, что удовлетворяет зоотехническим требованиям к приготовлению кормов.

По результатам однофакторных исследований были определены интервалы и уровни варьирования факторов и реализована матрица плана эксперимента 3^3 [5, 167 с.]. В качестве независимых переменных использовались: производительность смесителя, частота вращения диска, высота выгрузки. Наибольшее влияние на коэффициент неоднородности оказывает производительность смесителя и частота вращения диска.

Главным недостатком смесителей является относительно низкий ресурс рабочих органов, что требует частой замены их или полного восстановления и повышает эксплуатационные расходы.

Изнашивание рабочей поверхности разгонных лопаток смесителя происходит в результате скольжения материала по лопаткам. Износ разгонных лопаток ведет к изменению направления движения и скорости частиц, вылетающих с поверхности лопаток, что отрицательно сказывается на качестве получаемой смеси.

Исследование процесса износа затруднено в результате того, что сам процесс изолирован от прямого наблюдения, а также потому, что износу, как правило, подвергаются лишь тонкие поверхностные слои изнашивающихся деталей.

Условия, материалы и методы исследований.

В экспериментальных исследованиях по износу плоских разгонных лопаток применяли кварцевый песок, который многие исследователи используют как модельный материал. Лопатки были изготовлены из широко распространенных марок сталей разной твердости: Ст. 3, 40Х, 45, 65Г.

Результаты исследований. С практической точки зрения интерес представляет относительная износостойкость материала разгонных лопаток. На рис. 2 представлена зависимость относительной износостойкости разгонных лопаток от частоты вращения диска смесителя. В качестве эталонного материала принята сталь Ст. 3.

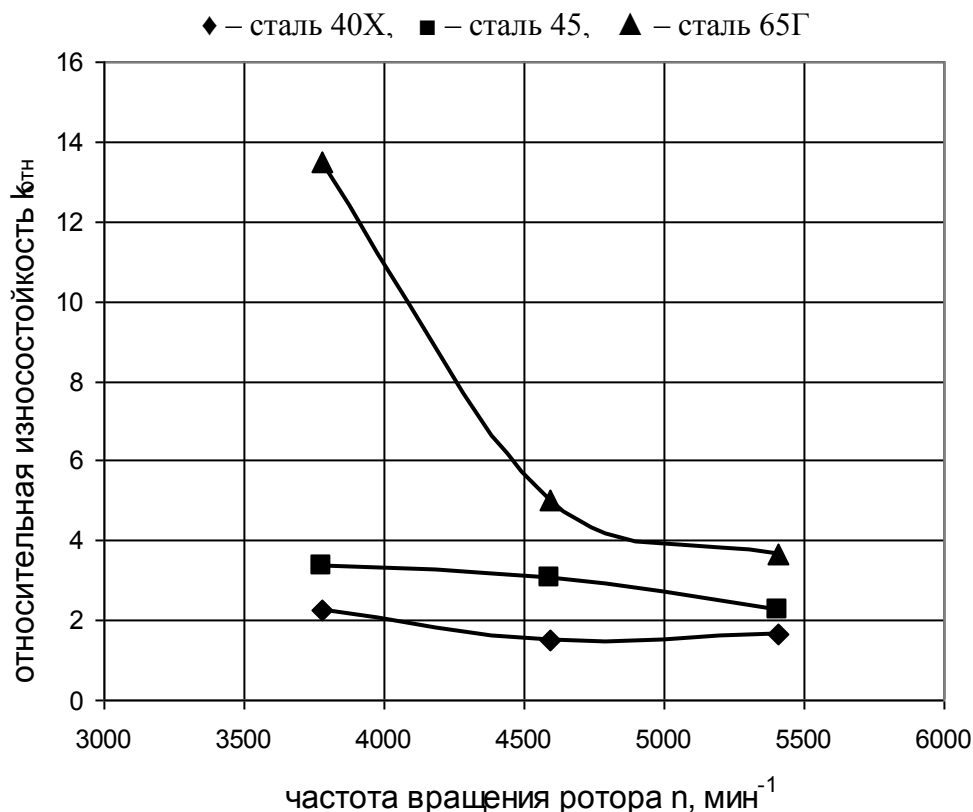


Рисунок 2 – Зависимость относительной износостойкости разгонных лопаток от частоты вращения диска смесителя

Вывод. Использование разгонных лопаток, изготовленных из стали 40Х, повышает их ресурс в 1,5-2,0 раза, стали 45 – 2,0-3,0 раза, стали 65Г – 3,5-13,5 раза в зависимости от частоты вращения диска.

Список используемой литературы

1. Патент № 71861, МПК А23N17/00. Установка для приготовления комбикормов / Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е. Оpubл. 27.03.2008.
2. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Сахарова С.Г. Технология приготовления комбикормов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2013. № 1. С. 71-75.
3. Патент № 2336122, МПК В01F 3/12. Смеситель / Лапшин В.Б., Колобов М.Ю., Сахаров С.Е., Боброва Н.В. Оpubл. 20.10.2008.
4. Сахаров С.Е., Колобов М.Ю., Колобова В.В. Смеситель зерновых компонентов комбикормов // Аграрный вестник Верхневолжья. 2016. № 1 (13). С. 66-71.
5. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследова-

ниях сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 1980.

References

1. Patent № 71861, MPK A23N17/00. Ustanovka dlya prigotovleniya kombikormov / Kolobov M.Yu., Lapshin V.B., Sakharov S.Ye. Opubl. 27.03.2008.
2. Kolobov M.Yu., Sakharov S.Ye., Sakharova S.G. Tekhnologiya prigotovleniya kombikormov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regionalnoe prilozhenie. 2013. № 1. S. 71-75.
3. Patent № 2336122, MPK B01F 3/12. Smesitel / Lapshin V.B., Kolobov M.Yu., Sakharov S.Ye., Bobrova N.V. Opubl. 20.10.2008.
4. Sakharov S.E., Kolobov M.Yu., Kolobova V.V. Smesitel zernovykh komponentov kombikormov // Agrarnyy vestnik Verkhnevolzhya. 2016. № 1 (13). S. 66-71.
5. Melnikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyakh selskokhozyaystvennykh protsessov. L.: Kolos, 1980.

УДК 620.178.162.43+621.892.84+532.783

СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КАРБОКСИЛАТОВ МЕДИ И ОПЫТ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Терентьев В. В., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА;

Акопова О. Б., ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», НИИ Наноматериалов;

Телегин И. А., ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА;

Ельникова Л. В., ФГБУ «ГНЦ РФ Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;

Парунова Ю.М., Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

В статье представлены результаты исследования спектральных свойств карбоксилатов меди методом ИК-Фурье спектроскопии. Отмечается, что общей особенностью спектров исследованных веществ является понижение частоты аналогичных колебаний при увеличении длины углеводородной цепи, что определяется ростом молекулярной массы с увеличением длины молекулы. Результаты исследований показывают, что для исследованных соединений в спектре полос валентных колебаний, характерных для метильных групп с ростом длины углеводородной цепи, повышается интенсивность колебаний, что вызвано увеличением длины связи. Для изовалерата меди, имеющего разветвленную структуру периферии молекулы, наблюдается самая большая разность частот валентных колебаний и интенсивность полос. Это объясняется различием строения данного соединения по сравнению с остальными, у которых углеводородные радикалы находятся в вытянутой транс-конформации. Сравнение разностей частот валентных колебаний СОО-групп исследуемых карбоксилатов меди указывает на то, что в кристаллической фазе все они находятся в бидентатной мостиковой координации, что предполагает формирование столбчатых надмолекулярных упаковок при переходе кристаллической фазы в мезофазу. Отмечено, что введение полученных соединений в пластичные смазочные материалы позволяет улучшить трибологические характеристики последних. Сравнительные производственные испытания разработанной смазочной композиции, состоящей из пластичной смазки литол-24 и смеси карбоксилатов меди в подшипниковых узлах катков дисковой прицепной модульной бороны, показали, что интенсивность изнашивания при использовании экспериментального смазочного материала по сравнению с серийным снижается в среднем в 2,39 раза, что приводит к повышению ресурса подшипников.

Ключевые слова: спектроскопия, валентные колебания, мезофаза, жидкие кристаллы, износ, ресурс, карбоксилаты меди, трение.

Для цитирования: Терентьев В. В., Акопова О. Б., Телегин И. А., Ельникова Л. В., Парунова Ю.М. Спектральные свойства карбоксилатов меди и опыт их применения в узлах трения сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 79-84.

Введение. Научно-технический прогресс в машиностроении предусматривает применение современных материалов, позволяющих по-новому решать задачи, которые ставятся перед техническими средствами. При этом техника должна качественно выполнять возложенные на нее функции максимально длительный период

времени. Для улучшения условий эксплуатации и повышения ресурса контактирующих поверхностей деталей машин применяются различные смазочные материалы. При этом постоянно ведется поиск новых путей улучшения свойств традиционно применяемых смазочных материалов. Одним из наиболее простых и эффектив-

ных способов улучшения характеристик смазочных материалов является модификация их различными присадками и наполнителями. Ассортимент применяемых присадок и наполнителей к смазочным материалам на сегодняшний момент достаточно широк. Одними из перспективных добавок, позволяющих улучшать трибологические характеристики смазок, являются жидкокристаллические соединения-металлмезогены. К данной группе металлмезогенов относятся карбоксилаты меди. Как показали ранее проведенные исследования [1, 4, 6, 7], такие соединения, вводимые в различные смазочные материалы, позволяют улучшать трибологические характеристики последних.

Однако для расширения области практического применения данных материалов требуются дополнительные исследования различными физическими методами, позволяющими выявлять влияние структуры химического соединения на его характеристики, и на этой основе определять влияние вводимого карбоксилата меди на трибологические свойства различных смазочных композиций.

Цель настоящей работы заключается в исследовании влияния состава карбоксилатов меди одного гомологического ряда на их характеристики и определение на этой основе влияния введения исследованных карбоксилатов меди на противоизносные характеристики пластичных смазочных материалов в подшипниковых узлах СХМ.

Материалы и методы исследований. В данной работе исследовались следующие кар-

боксилаты меди: валерат, изовалерат, ундецилат, мирилат, стеарат, бегенат. Синтез карбоксилатов осуществлялся по методике, представленной в [1, с.21].

Исследование состава полученных карбоксилатов меди осуществлялось методом ИК-Фурье спектроскопии. При этом использовался спектрофотометр инфракрасный с фурье-преобразованием IRPRESTIGE-21 (Shimadzu). Спектральный диапазон спектрометра от 7800 до 350 см^{-1} . Спектральное разрешение 0,125 см^{-1} . ИК-Фурье спектроскопия проводилась на базе Ресурсного центра электрофизических методов Курчатовского комплекса НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт» сотрудниками Ельниковой Л.В. и Паруновой Ю.М.

Производственные испытания разработанных смазочных композиций осуществлялись в подшипниковых узлах катков дисковой сцепной модульной бороны БДМ6х4П при проведении полевых работ по дискованию почвы. В процессе испытаний борона агрегатировалась в составе машинно-тракторного агрегата с трактором TERRION ATM-5280. Объем выполненных работ по дискованию почвы определялся производственной программой сельскохозяйственного предприятия, на базе которого производились исследования и составил 324 га.

Результаты исследований. Результаты ИК-Фурье спектроскопии карбоксилатов меди, снятых в твердых образцах с KBr, представлены на рис.1-6.

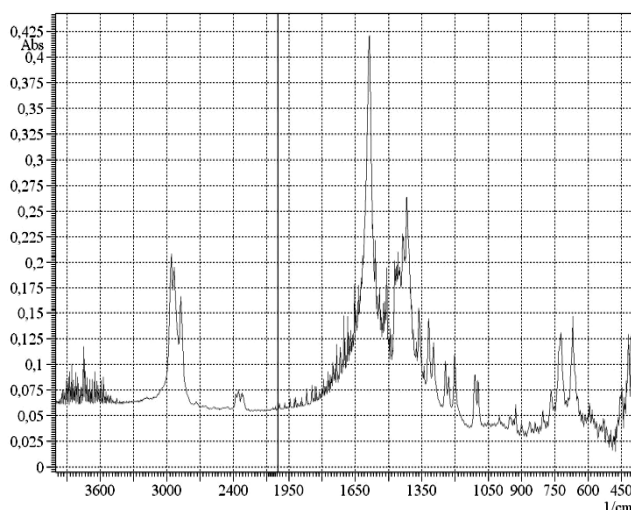


Рисунок 1 – ИК-спектр валерата меди

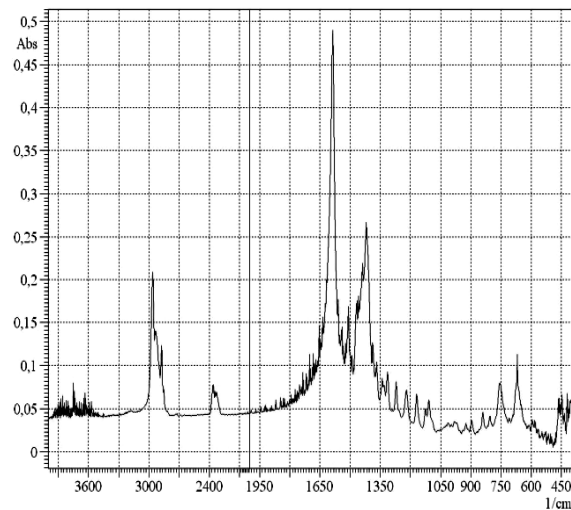


Рисунок 2 – ИК-спектр изовалерата меди

Анализируя приведенные экспериментальные данные, следует отметить следующее. По Накамото [2] монодентатная координация карбоксилатных комплексов характеризуется присутствием в ИК-спектре полос валентных колебаний ν_{as} (COO) и ν_s (COO) около 1600 см^{-1}

и выше и вблизи 1320 см^{-1} , соответственно. При этом разность этих колебаний $\Delta = \nu_{as} - \nu_s$ достигает 300 см^{-1} в отличие от бидентатной мостиковой ($\Delta \sim 140 - 160\text{ см}^{-1}$) и бидентатной хелатной ($\Delta \sim 40 - 70\text{ см}^{-1}$) координации карбоксилат-ионов

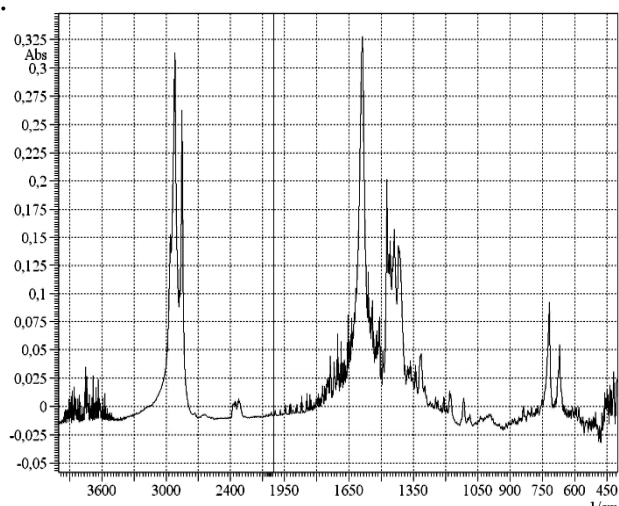


Рисунок 3 – ИК-спектр ундецилата меди

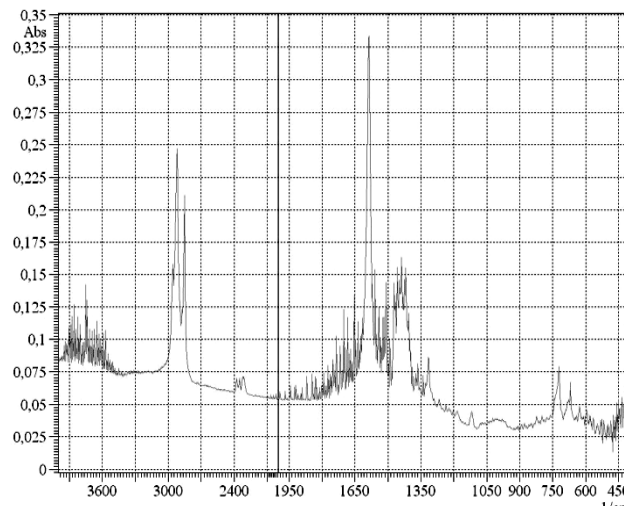


Рисунок 4 – ИК-спектр миристиата меди

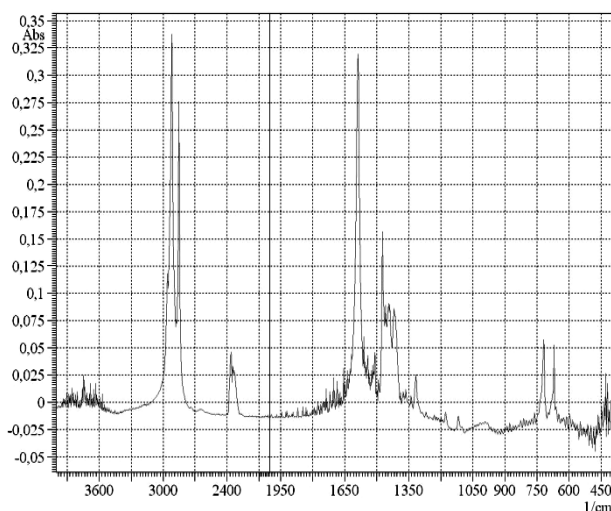


Рисунок 5– ИК-спектр стеарата меди

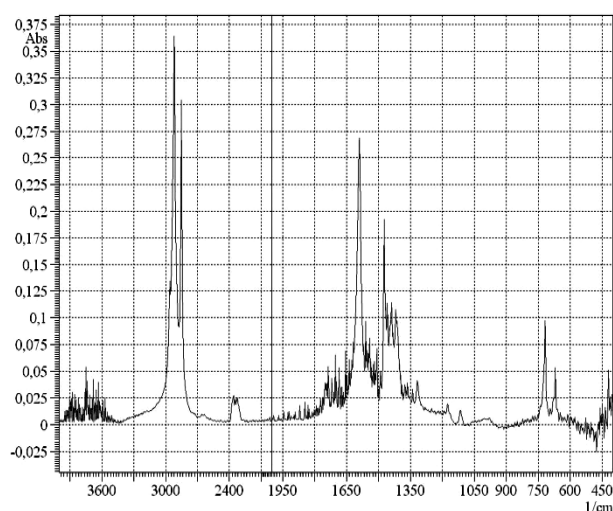


Рисунок 6 – ИК-спектр бегената меди

Таблица 1 – Результаты определения разности частот валентных колебаний по данным ИК-спектров

Карбоксилат меди	Разность частот валентных колебаний COO-групп $\Delta = \nu_{as} - \nu_s$
Валерат	1588-1425 = 163
Изовалерат	1597-1425 = 172
Ундецилат	1590-1425 = 165
Мирилат	1582-1432 = 150
Стеарат	1588-1420 = 168
Бегенат	1590-1426 = 164

Сравнение разностей частот валентных колебаний СОО-групп исследуемых карбоксилатов меди (табл.1) с приведенными выше данными Накамото [2] указывает на то, что в кристаллической фазе все они находятся в бидентатной мостиковой координации. Разность частот лежит в области $150-172\text{ см}^{-1}$. Такая координация предполагает формирование столбчатых надмолекулярных упаковок при переходе кристаллической фазы в мезофазу. В дальнейшем при исследовании их мезоморфных свойств эти предположения подтвердились [1, с.22].

Частота валентных колебаний в основном зависит от массы атомов в веществе и энергии связи. Общей особенностью спектров исследованных веществ является понижение частоты аналогичных колебаний при увеличении длины углеводородной цепи. Это обусловлено ростом молекулярной массы с увеличением длины молекулы.

Известно, что в инфракрасной области активными являются такие молекулы, в которых в процессе колебаний происходит изменение дипольного момента. При этом, чем сильнее меняется дипольный момент связи, тем больше интенсивность поглощения.

Можно отметить, что для исследованных соединений в спектре полос валентных колебаний вблизи 2980 см^{-1} (характерных для метильных групп) [3, с. 295] с ростом длины углеводородной цепи повышается интенсивность колебаний. Так как частота валентных колебаний является функцией силовой постоянной связи, увеличение интенсивности полос поглощения вызвано увеличением длины связи.

Из всех исследованных соединений для изовалерата меди наблюдается самая большая разность частот валентных колебаний (табл.1) и интенсивность полос. Очевидно, это можно объяснить различием строения данного соединения по сравнению с остальными. Известно [4, с.102], что изовалерат меди имеет разветвленную структуру периферии молекулы в отличие от остальных гомологов, у которых углеводородные радикалы находятся в вытянутой *транс*-конформации.

Ранее нами было установлено, что карбоксилаты меди такого строения (типа фонарик) проявляют мезоморфизм, характерный для диско-

тических мезогенов, в широком интервале температур [1, 4].

Следует подчеркнуть, что свойства (надмолекулярная структура, температурный интервал существования и др.), мезофазы, так же как и электрические характеристики, влияют на поведение данных жидкокристаллических соединений в смазочных композициях. Авторами [5] проведен ряд исследований по изучению электрических характеристик карбоксилатов меди. Выявлены частотные зависимости ёмкости растворов исследованных карбоксилатов меди в толуоле. Однако изучение электрических характеристик рассматриваемых карбоксилатов меди в смазочных композициях требует дополнительных исследований и анализа.

При этом введение полученных соединений в пластичные смазочные материалы позволяет улучшить трибологические характеристики последних. Улучшение как противоизносных, так и антифрикционных характеристик смазочных материалов объясняется особой ориентацией смазочного материала, модифицированного карбоксилатами меди, на поверхности трения.

Так как в результате исследований было отмечено различное влияние гомологов на антифрикционные и противоизносные характеристики, то более перспективным оказалось введение смеси карбоксилатов меди в пластичные смазки [6, 7].

В частности, авторами [7] были проведены лабораторные исследования введения смесевых композиций ундецилата и мирилата меди в серийно используемые пластичные смазки солидол и литол-24. При этом наблюдалось значительное улучшение как антифрикционных, так и противоизносных характеристик последних.

В рамках данной работы нами проведены сравнительные производственные испытания разработанной смазочной композиции, состоящей из пластичной смазки литол-24 и смеси карбоксилатов меди в подшипниковых узлах катков дисковой прицепной модульной бороны БДМ6х4П при выполнении полевых работ по дискованию почвы.

Для сравнения в двух подшипниковых узлах использовался серийный литол-24, в двух других подшипниковых узлах применяли экспериментальный смазочный материал (литол-24 +

смесь карбоксилатов меди). В процессе испытаний определялся массовый износ, который в дальнейшем пересчитывался в массовую

интенсивность изнашивания.

Результаты определения износа подшипников представлены на рис.7.



№1-№4 – номера подшипниковых узлов

Рисунок 7 – Результаты определения интенсивности изнашивания подшипников

Результаты производственных испытаний подтверждают результаты ранее проведенных лабораторных исследований на машинах трения по определению противоизносных характеристик пластичных смазочных материалов с синтезированными карбоксилатами меди.

Из результатов производственных испытаний следует, что интенсивность изнашивания при использовании экспериментального смазочного материала по сравнению с серийным смазочным материалом снижается в среднем в 2,39 раза, что приводит к повышению ресурса подшипниковых узлов.

Выводы. В результате исследования серии карбоксилатов меди методом ИК спектроскопии определена их бидентатная мостиковая координация в кристаллической фазе, которая определяет формирование надмолекулярной упаковки в мезофазе, характерной для дискотических мезогенов. Отмечено снижение частоты валентных колебаний с увеличением номера гомолога, что обусловлено ростом молекулярной массы с увеличением длины молекулы. Изменение интенсивности полос поглощения для различных гомологов вызвано изменением дипольного момента и увеличением

длины связи.

В результате проведенных производственных испытаний установлено, что использование смеси дискотических мезогенов-карбоксилатов меди в качестве присадки к пластичной смазке литол-24 позволяет значительно улучшать его трибологические характеристики. При этом достигается снижение интенсивности изнашивания подшипников дисковой бороны в среднем в 2,39 раза.

Снижение интенсивности изнашивания позволяет повысить ресурс трибосопряжения. В дальнейшем перспективным является поиск еще более эффективных смесей мезогенных присадок и наполнителей различного строения, а также исследование их характеристик различными оптическими, электрофизическими и другими методами.

Работа поддержана грантом Министерства образования и науки РФ, (№ 16.1037.2017/4.6).

Измерения ИК-Фурье спектров выполнены на оборудовании Ресурсного центра электрофизических методов Курчатовского комплекса НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт».

Список используемой литературы

1. Акопова О.Б., Лапшин В.Б., Терентьев В.В., Богданов В.С.. Карбоксилаты меди. Моделирование, синтез, мезоморфизм и трибологические свойства // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2012. Вып. 2. С. 20-28.
2. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991.
3. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: Пер. с англ. М.: Мир, 1982.
4. Терентьев В.В., Акопова О.Б., Телегин И.А. Влияние на трибологические характеристики пластичных смазок карбоксилатов меди на основе валериановой и изовалериановой кислот // Жидкие кристаллы и их практическое использование. Т.16. № 2. 2016. С.100-105.
5. Ельникова Л.В., Пономаренко А.Т., Шевченко В.Г. Диэлектрические характеристики растворов карбоксилатов меди в толуоле // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. 2017. № 4. С. 95-102.
6. Терентьев В.В., Лапшин В.Б., Субботин К.В., Богданов В.С., Акопова О.Б. Смазочная композиция. Патент РФ на изобретение № 2530023 С2. от 20.11.2012. Опубликовано 10.10.2014. Бюл. № 28.
7. Терентьев В. В., Акопова О.Б., Телегин И.А. Влияние присадок из смесей карбоксилатов меди на трибологические характеристики пластичных смазок // Жидкие кристаллы и их практическое использование. Т.15. № 4. 2015. С.96-101.

References

1. Akopova O.B., Lapshin V.B., Terentyev V.V., Bogdanov V.S.. Karboksilaty medi. Modelirovanie, sintez, mezomorfizm i tribologicheskie svoystva // Zhidkie kristally i ikh prakticheskoe ispolzovanie. 2012. Vyp. 2. S. 20-28.
2. Nakamoto K. IK-spektry i spektry KR neorganicheskikh i koordinatsionnykh soedineniy. M.: Mir, 1991.
3. Smit A. Prikladnaya IK-spektroskopiya: Per. s angl. M.: Mir, 1982.
4. Terentyev V.V., Akopova O.B., Telegin I.A. Vliyanie na tribologicheskie kharakteristiki plastichnykh smazok karboksilatov medi na osnove valerianovoy i izovalerianovoy kislot // Zhidkie kristally i ikh prakticheskoe ispolzovanie. T.16. № 2. 2016. S.100-105.
5. Yelnikova L.V., Ponomarenko A.T., – Shevchenko V.G. Dielektricheskie kharakteristiki rastvorov karboksilatov medi v toluole // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-Matematika. 2017. № 4. S. 95-102.
6. Terentev V.V., Lapshin V.B., Subbotin K.V., Bogdanov V.S., Akopova O.B. Smazochnaya kompozitsiya. Patent RF na izobretenie № 2530023 S2. ot 20.11.2012. Opublikovano 10.10.2014. Byul. № 28.
7. Terentyev V. V., Akopova O.B., Telegin I.A. Vliyanie prisadok iz smesey karboksilatov medi na tribologicheskie kharakteristiki plastichnykh smazok // Zhidkie kristally i ikh prakticheskoe ispolzovanie. T.15. № 4, 2015. S. 96-101.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В ТОЧКАХ РАЗДЕЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Сбитнев Е. А., ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино;

Осокин В. Л., ГБОУ ВО Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино.

Проблема качества электрической энергии в электрических сетях сельскохозяйственных предприятий является одной из важнейших, которая определяет надежность и эффективность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей. В связи с ростом доли нелинейной нагрузки в сетях сельскохозяйственных предприятий увеличивается значение суммарного коэффициента отклонения напряжения. Важно измерять как значения напряжений, так и значения токов, и эти значения должны явно указывать на количественные показатели напряжения и тока. То есть при создании новых и реконструкции старых электросетей необходимо тщательно учитывать присутствие разнообразной нагрузки. Целью данной работы являлось исследование отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций и на питающих вводах объектов сельскохозяйственных предприятий Нижегородской области. Исследование проводилось с помощью анализатора качества электрической энергии AR5-L и измерителя параметров электроустановок EurotestXE 2,5 кВ. Инструментальные исследования и анализ режимов сельскохозяйственных электрических сетей по мнению авторов являются наиболее важным в определении доли питающей сети и потребителя в отклонения напряжения в точках раздела. В работе были исследованы отклонения напряжения в точках передачи электрической энергии нескольким типам зданий сельскохозяйственного объекта. Практически на всех объектах сельскохозяйственного предприятия отклонения напряжения превышают допустимые значения. В результате этого определено, что от уровня напряжения питающей сети зависят потери мощности и энергии в сетях электроснабжения, а также работа электрооборудования в целом. Выявлена ложная работа устройств релейной защиты и автоматики, ускоренное старение изоляции, повреждение средств защиты и снижение электробезопасности обслуживающего персонала.

Ключевые слова: анализатор качества электрической энергии, нелинейная нагрузка, отклонения напряжения, показатели качества электрической энергии, пониженное напряжение, повышенное напряжение, точки передачи электрической энергии, трансформаторные подстанции, электроприемники.

Для цитирования: Сбитнев Е. А, Осокин В. Л. Исследование отклонений напряжения в точках раздела электрической сети сельскохозяйственного предприятия // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 85-90.

Введение. Повышение качества электрической энергии в электрических сетях сельскохозяйственных предприятий является сложной проблемой, требующей достаточно высоких капитальных вложений. Электрическая энергия, которую получают электроприемники, должна отвечать достаточно большому количеству по-

казателей. Основными показателями качества электроэнергии (КЭ) для отдельных объектов сельскохозяйственного производства [1, с. 33-42; 2, с. 37-43; 3, с. 43-49; 4, с. 37-48; 5, с. 41-53] в соответствии с государственным стандартом ГОСТ 32144-2013 [6, с. 5-9] являются: несинусоидальность, несимметрия, медленные изменения (от-

клонения) и колебания напряжения [7]. Влияние несинусоидальности, т.е. гармонических составляющих напряжения были подробно рассмотрены в одной из работ [8, с. 19-22].

Медленные изменения напряжения электропитания (как правило, продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети.

Показателями КЭ, относящимися к медленным изменениям напряжения электропитания, являются отрицательное $\sigma U_{(-)}$ и положительное $\sigma U_{(+)}$ отклонения напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии от номинального/согласованного значения, %:

$$\sigma U_{(-)} = [(U_0 - U_{m(-)} / U_0)] \cdot 100; \quad (1)$$

$$\sigma U_{(+)} = [(U_{m(+)} - U_0 / U_0)] \cdot 100 \quad (2)$$

где $U_{m(-)}$, $U_{m(+)}$ – значения напряжения электропитания, меньшие U_0 и большие U_0 соответственно, усредненные в интервале времени 10 мин в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30-2013 [9, с. 12-23]; U_0 – напряжение, равное стандартному номинальному напряжению $U_{ном}$ или согласованному напряжению U_c .

Для указанных выше показателей КЭ установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю [6, с. 6].

Материалы и методы. В данной работе было проведено исследование влияния отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ трансформаторных подстанций и на питающих вводах объектов. Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ 30804.4.30-2013 с помощью анализатора качества электрической энергии AR5-L [10, с. 1-53] и измерителя параметров электроустановок EurotestXE 2,5 кВ [11, с. 1-100].

Система электроснабжения сельскохозяйственного предприятия относится к низкому классу напряжения [12].

В состав электротехнического комплекса объекта входят электроприемники и системы электроснабжения зданий и сооружений. В систему электроснабжения входят трансформаторные подстанции, понижающие напряжение с 10 кВ до напряжения 380/220 В, распределительные

устройства 380 В и 10 кВ, электрические сети напряжением 220 В, 380 В и 10 кВ, а также электроприемники [13]. В основном все электроприемники сельскохозяйственных объектов питаются переменным током частотой 50 Гц на напряжение 220 или 380 В [14, с. 171-177].

Известно, что от уровня напряжения питающей сети зависят потери мощности и энергии в сетях электроснабжения, а также работа электрооборудования в целом [15, с. 154-159; 16]. Значения напряжения меньшие стандартного номинального напряжения приводят к увеличению расхода электроэнергии в пересчете на единицу производимой продукции и к снижению качества сельскохозяйственной продукции. Различное технологическое оборудование также неодинаково требованиям, которые предъявляются к питающему напряжению. Например, менее чувствительно к питающему напряжению электрооборудование для нагрева воды. Хотя и пониженное напряжение при работе снижает мощность таких электроприборов – работоспособность у них остается прежней. Электроприводы с регулируемой скоростью вращения и холодильное оборудование более чувствительны к этому параметру, так как снижение напряжения не может обеспечить нормальное выполнение пуска. Электрические двигатели и двигатели компрессоров начинают работать в заторможенном режиме, что приводит к их перегреву, выгоранию обмоток и, следовательно, снижению срока службы.

Повышенное напряжение питающей сети также может быть очень опасным как для электрооборудования, так и для здоровья человека. При повышенном напряжении происходит нагрев электрической проводки, изоляции проводников и элементов электроприборов [17]. Повышенный нагрев, скорее всего, сразу и не приведет к аварии или поломке электрооборудования, но в любом случае это отразится на прочности и долговечности изоляции, а значит, существенно снизится срок службы электрооборудования. Повышенное напряжение очень опасно для регулируемых электроприводов и холодильного оборудования, имеющего компрессоры. При повышенном напряжении растет нагрузка на подвижные части этих электроприборов и на обмотки электродвигателей, что приводит к их поломке и дорогостоящему ремонту, а значит, простою и снижению производства

водства сельскохозяйственной продукции.

Результаты. В работе были исследованы отклонения напряжения в точках передачи электрической энергии нескольким типам зданий

сельскохозяйственного объекта.

В качестве примера (рис. 1), приведена диаграмма и значения отклонения напряжения (табл. 1) на вводе питания здания МТФ хозяйства.

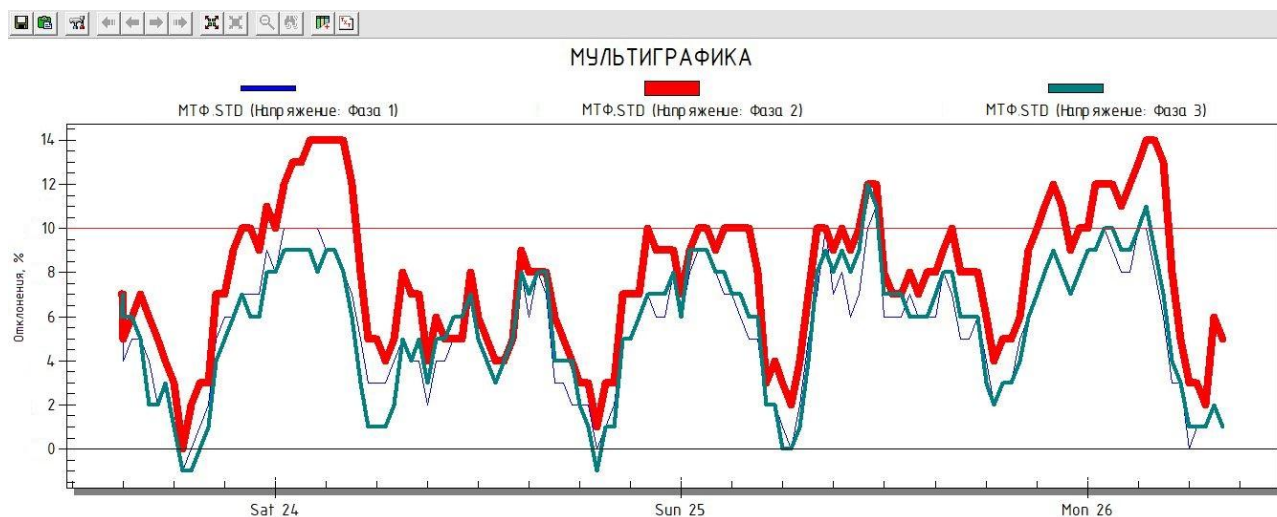


Рисунок 1 – Отклонение напряжения на вводе питания здания МТФ хозяйства

Таблица 1 – Значения отклонения напряжения на вводе питания здания МТФ хозяйства

Фазы	Отклонения напряжения, %			
	$U_{m(-).усп}$	$U_{m(+).усп}$	$\delta U_{(+)}$	T
Нормативное значение	$\pm 10 \%$			0 %
Фаза 1 (А), %	0	10,08	11,23	3,63
Фаза 2 (В), %	0	13,34	14,41	19,61
Фаза 3 (С), %	0	11,01	11,39	5,44

где $U_{m(-).усп}$ – усредненное значение наименьшего отклонения напряжения; $U_{m(+).усп}$ – усредненное значение наибольшего отклонения напряжения; $\delta U_{(+)}$ – наибольшее положительное отклонение напряжения; T – процент времени, в течение которого значение отклонения напряжения превышает нормативное значение.

Из таблицы 1 видно, что отклонение напряжения в фазе 1 (А) выходит за пределы допустимых значений в течение 3,63 % времени суток, в фазе 2 (В) – в течение 19,61 % времени суток, в фазе 3 (С) – в течение 5,44 % времени наблюдения.

Диаграмма (рис. 2) и значения отклонения напряжения (табл. 2) на вводе питания здания мастерской хозяйства.

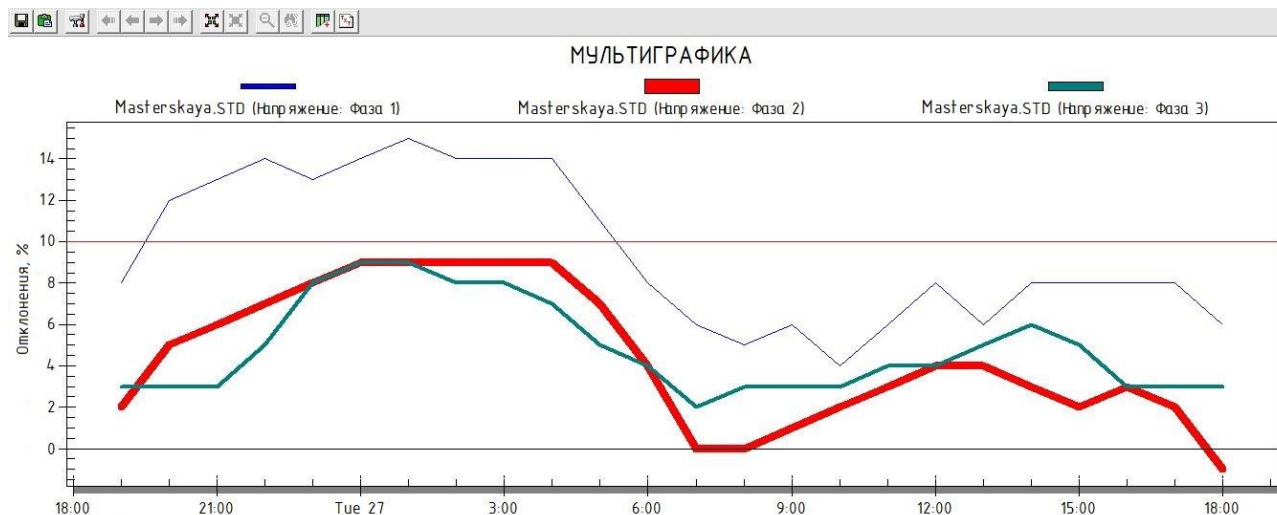


Рисунок 2 – Отклонение напряжения на вводе питания здания мастерской хозяйства

Таблица 2 – Значения отклонения напряжения на вводе питания здания мастерской хозяйства

Фазы	Отклонения напряжения, %			
	$U_{m(-),\text{уср}}$	$U_{m(+),\text{уср}}$	$\delta U_{(+)}$	T
Нормативное значение	$\pm 10 \%$			0 %
Фаза 1 (A), %	0	9,47	15,02	40,96
Фаза 2 (B), %	0	3,32	9	0
Фаза 3 (C), %	0	5,25	9	0

Из таблицы 2 видно, что отклонение напряжения в фазе 1 (A) выходит за пределы допустимых значений в течение 40,96 % времени суток, в фазе 2 (B) и фазе 3 (C) находится в пределах допустимых значений в течение всего времени наблюдения.

В качестве примера можно рассмотреть типовой и реальные суточные графики нагрузки.

На типовом графике наиболее загруженной сменой является вечерняя (с 16 до 24 часов), менее загруженной – ночная (с 24 до 7 часов). Максимальная нагрузка наблюдается с 18 до 20 часов. В это время наряду с силовой нагрузкой технологического оборудования добавляется нагрузка на освещение.

Реальный суточный график нагрузки (рис. 3) здания МТФ сельскохозяйственного предприятия.

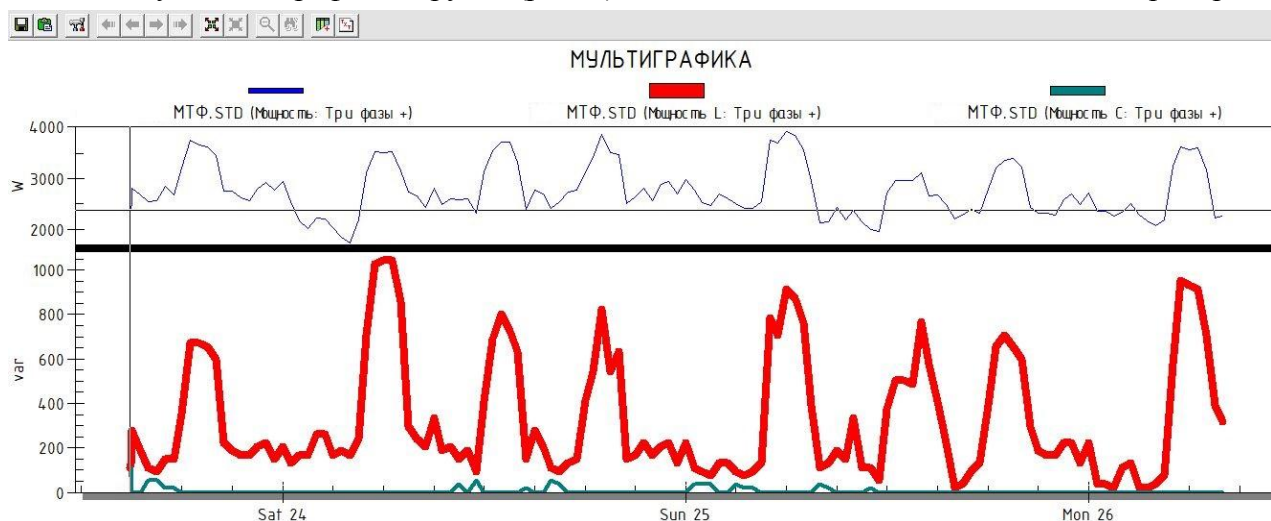


Рисунок 3 – Суточный график нагрузки здания МТФ хозяйства

Параметры суточных графиков нагрузки (табл. 3).

Таблица 3 – Параметры суточных графиков нагрузки

Тип здания	P_{max} , кВт	P_{min} , кВт	$Q_L \text{ max}$, кВАр	$Q_L \text{ min}$, кВАр	$Q_C \text{ max}$, кВАр	$Q_C \text{ min}$, кВАр	$K_{\text{нер}}$	$K_{\text{зап}}$
МТФ хозяйства	3,868	1,737	1,046	0,93	0,56	0,0	0,45	0,72
Мастерская хозяйства	56,347	22,985	14,402	1,776	1,515	0	0,41	0,68

Обсуждение. В ходе исследования были выявлены основные причины отклонения напряжения в точках раздела электрической сети. Так, установившееся отклонение напряжения связано прежде всего с увеличением нагрузки из-за подключения достаточно мощных потребителей. Существующие трансформаторные подстанции, стоящие на балансе сельскохозяйственных пред-

приятий, не имеют в подавляющем большинстве устройство регулирования под нагрузкой (РПН), которое позволяет регулировать напряжение на обмотках без вывода трансформатора из работы, а, следовательно, не отключая питания и не оставляя потребителей без электроснабжения. Применение трансформаторов с РПН позволило бы поддерживать в точках раздела на шинах низ-

кого (НН) и среднего (СН) напряжений подстанций, напряжение достаточно близкое к номинальному в то время, когда первичное напряжение отклонено от номинального.

Еще одна из причин, это увеличение числа потребителей без комплексной модернизации всей энергосистемы предприятия. К системе электрообеспечения подключают новые нагрузки, тогда как силовая сеть выполнена минимальным расчетным сечением. Это соответственно приводит к перегреву проводников и увеличению потерь.

Достаточно часто на сельскохозяйственных предприятиях можно увидеть обрыв или недостаточное качество контакта нулевого провода в трехфазной сети. Токонесущая способность такого провода снижена, что приводит к функциональным нарушениям, выходом оборудования из строя и снижению электробезопасности обслуживающего персонала.

Причины минимального напряжения в большем числе случаев вызваны коротким замыканием (КЗ). Длительность таких провалов напряжения варьируется от нескольких миллисекунд до секунд.

Отклонение напряжения от номинального значения вызывает большое количество нежелательных последствий. Так, длительное отклонение напряжения в большинстве случаев приводит к снижению срока эксплуатации электрических сетей и электрооборудования. Кратковременное отклонение (бросок) приводит к выходу из строя электрооборудования.

Заключение. Исходя из проведенного исследования разных типов зданий, можно сказать о том, что большинство электроприемников работают либо в повторно-кратковременном (режим S_3), либо в продолжительном режиме (режим S_1). Поэтому реальный график нагрузки включает в себя броски тока и мощности в разное время суток.

Данное исследование позволяет сделать следующие выводы, что практически на всех объектах сельскохозяйственного предприятия отклонения напряжения превышают допустимые значения. Исходя из графиков нагрузки, наибольшее значение отклонения фазного напряжения приходится на режим минимальных нагрузок и практически всегда это значение смещается в сторону положительного предела. Максимальное значение отклонения напряжения чаще всего приходится на ночное

время суток, когда идет пониженное потребление электрической энергии.

Список используемой литературы

1. РД-АПК 1.10.01.02-10. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. Москва: Росинформагротех, 2011.
2. РД-АПК 1.10.01.03-12. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота крестьянских (фермерских хозяйств). Москва: Росинформагротех, 2012.
3. РД-АПК 1.10.02.04-12. Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов. Москва: Росинформагротех, 2012.
4. РД-АПК 1.10.03.01-11. Методические рекомендации по технологическому проектированию козоводческих ферм и комплексов. Москва: Росинформагротех, 2011.
5. РД-АПК 1.10.03.02-12. Методические рекомендации по технологическому проектированию овцеводческих объектов. Москва: Росинформагротех, 2012.
6. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Москва: Стандартинформ, 2014.
7. Термины, определения и обозначения. URL: <http://kzbydocs.com/docs/273/index-69384-1.html?page=4> (дата обращения 14.03.2018 г.).
8. Сбитнев Е. А., Осокин В. Л. Влияние высших гармоник на качество электроэнергии в сельскохозяйственных предприятиях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 11. 2015. С. 19-22.
9. ГОСТ 30804.4.30-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. Москва: Стандартинформ, 2014.
10. CIRCUTOR. Анализатор электропотребления AR5 и AR5-L (M98151101-03-05A). Руководство пользователя. 2011.
11. Измеритель параметров электроустановок EurotestXE 2,5 кВ (MI 3102H CL). Руководство по эксплуатации. 2011.
12. Ушаков В. Я. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2017.

13. Терентьев П. В. Исследование качества и повышение эффективности использования электроэнергии в электротехнических комплексах служебных и жилых зданий: дис. ... канд. тех. наук. Нижний Новгород, 2014.

14. Сбитнев Е. А., Осокин В. Л. Моделирование параметров электрической сети сельскохозяйственного предприятия в среде Matlab // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 8 (154). 2017. С. 171 – 177.

15. Осокин В. Л., Папков Б. В. Оценка надёжности объектов электроэнергетики на основе теории нечётких множеств // Актуальные проблемы электроэнергетики: сборник научно-технических статей, Нижний Новгород, 2017. С. 154-159.

16. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009.

17. Папков Б. В., Осокин В. Л. Вероятностные и статистические методы оценки надёжности элементов и систем электроэнергетики: теория, примеры, задачи: учеб. пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2017.

References

1. RD-APK 1.10.01.02-10. Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo rogatogo skota. Moskva: Rosinformagrotekh, 2011.

2. RD-APK 1.10.01.03-12. Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo rogatogo skota krestyanskikh (fermerskikh khozyaystv). Moskva: Rosinformagrotekh, 2012.

3. RD-APK 1.10.02.04-12. Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu svinovodcheskikh ferm i kompleksov. Moskva: Rosinformagrotekh, 2012.

4. RD-APK 1.10.03.01-11. Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu kozovodcheskikh ferm i kompleksov. Moskva: Rosinformagrotekh, 2011.

5. RD-APK 1.10.03.02-12. Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu ovtsevodcheskikh ob'yektov. Moskva: Rosinformagrotekh, 2012.

6. GOST 32144-2013. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost tekhnicheskikh sredstv el-

ektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya. Moskva: Standartinform, 2014.

7. Terminy, opredeleniya i oboznacheniya. URL: <http://kzbydocs.com/docs/273/index-69384-1.html?page=4> (data obrashcheniya 14.03.2018 g.).

8. Sbitnev E. A., Osokin V. L. Vliyaniye vysshikh garmonik na kachestvo elektroenergii v selskokhozyaystvennykh predpriyatiyakh // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. № 11, 2015. S. 19-22.

9. GOST 30804.4.30-2013. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Metody izmereniy pokazateley kachestva elektricheskoy energii. Moskva: Standartinform, 2014.

10. CIRCUTOR. Analizator elektropotrebleniya AR5 i AR5-L (M98151101-03-05A). Rukovodstvo polzovatelya. 2011.

11. Izmeritel parametrov elektroustanovok EurotestXE 2,5 kV (MI 3102H CL). Rukovodstvo po ekspluatatsii. 2011.

12. Ushakov V. Ya. Elektroenergeticheskiye sistemy i seti: uchebnoye posobiye dlya bakalavriata i magistratury. M.: Izdatelstvo Yurayt, 2017.

13. Terentyev P. V. Issledovaniye kachestva i povysheniye effektivnosti ispolzovaniya elektroenergii v elektrotekhnicheskikh kompleksakh sluzhebnykh i zhilykh zdaniy: dis. ... kand. tekhn. nauk. Nizhniy Novgorod, 2014.

14. Sbitnev E. A., Osokin V. L. Modelirovanie parametrov elektricheskoy seti selskokhozyaystvennogo predpriyatiya v srede Matlab // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. № 8 (154), 2017. S. 171-177.

15. Osokin V. L., Papkov B. V. Otsenka nadezhnosti ob'yektov elektroenergetiki na osnove teorii nechetkikh mnozhestv // Aktualnyye problemy elektroenergetiki: sbornik nauchno-tekhnicheskikh statey, Nizhniy Novgorod, 2017. S. 154-159.

16. Zhelezko Yu. S. Poteri elektroenergii. Reaktivnaya moshchnost. Kachestvo elektroenergii: Rukovodstvo dlya prakticheskikh raschetov. M.: ENAS, 2009.

17. Papkov B. V., Osokin V. L. Veroyatnostnyye i statisticheskiye metody otsenki nadezhnosti elementov i sistem elektroenergetiki: teoriya, primery, zadachi: ucheb. posobiye. Staryy Oskol: TNT, 2017.