

духа / Н. И. Капустин. Заявитель и патентообладатель АНИПТИЖ. – Заявка № 4187075/29-06 от 30.01.1987; опублик. 21.11.1988, Бюл. № 43. – Текст: непосредственный.

8. Авторское свидетельство SU № 1613067 A1. Устройство для регулирования расхода воздуха / Н. И. Капустин, Н. Н. Голубцов, Н. С. Маликова, А. Н. Богатырев. Заявитель и патентообладатель АНИПТИЖ. – Заявка № 4335892/30-15 от 03.06.1988; опублик. 15.12.1990, Бюл. № 46. – Текст: непосредственный.

References

1. Ministerstvo selskogo khozyaystva Altayskogo kraya. Ofitsialnyy sayt. Rezhim dostupa <http://www.altagro22.ru/>.
2. Melnikov, S.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskikh ferm / S.V. Melnikov. – Leningrad: Kolos, 1978. – 560 s.
3. Slavin R.M. Elektricheskaya nov fermy / R. M. Slavin. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moskva: Agropromizdat, 1990. – 253 s.
4. Avtorskoe svidetelstvo SU No. 1464981 A1, Sistema kormleniya zhivotnykh / N.I. Kapustin, Sh.A. Mkrchan, N.S. Malikova, M.Z. Islamgirov.

Zayavitel i patentoobladatel ANIPTIZh. – Zayavka No. 4235609/30-15, ot 27.04.1987. Opubl. 15.03.1989. Byul. No. 10.

5. Avtorskoe svidetelstvo SU No. 1607749 A1, Sistema stabilizatsii vakuuma doilnoy ustanovki / N.I. Kapustin, N.N. Golubtsov, N.S. Malikova, A.N. Bogatyrev. Zayavitel i patentoobladatel ANIPTIZh. – Zayavka No. 4616892/30-15, ot 07.12.1988. Opubl. 23.11.1990. Byul. No. 43.

6. Avtorskoe svidetelstvo SU No. 1419638 A1, Ustroystvo dlya vydachi korma / N.I. Kapustin, Sh.A. Mkrchan, N.S. Malikova. Zayavitel i patentoobladatel ANIPTIZh. – Zayavka No. 4225765/30-15, ot 07.04.1987. Opubl. 30.08.1988 Byul. No. 32.

7. Avtorskoe svidetelstvo SU No. 1439363 A1, Ustroystvo dlya regulirovaniya raskhoda vozdukha / N.I. Kapustin. Zayavitel i patentoobladatel ANIPTIZh. – Zayavka No. 4187075/29-06, ot 30.01.1987. Opubl. 21.11.1988 Byul. No. 43.

8. Avtorskoe svidetelstvo SU No. 1613067 A1, Ustroystvo dlya regulirovaniya raskhoda vozdukha / N.I. Kapustin, N.N. Golubtsov, N.S. Malikova, A.N. Bogatyrev. Zayavitel i patentoobladatel ANIPTIZh. – Zayavka No. 4335892/30-15, ot 03.06.1988. Opubl. 15.12.1990 Byul. No. 46.



УДК 725.383

А.А. Васильев, А.Н. Шишарина, Н.П. Шкилев
A.A. Vasilyev, A.N. Shisharina, N.P. Shkilev

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РУЧКОЙ СО СМЕННЫМИ НАСАДКАМИ В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ СУШКИ ТЕХНИКИ

THE STUDY OF THE DRYING PROCESS BY A MULTIFUNCTIONAL HANDLE WITH INTERCHANGEABLE NOZZLES IN A DEVICE FOR EQUIPMENT DRYING

Ключевые слова: импортзамещение, воздушный поток, теплообмен, испарение влаги, насадка, скорость сушки, хранение техники, сушка техники, техника сельскохозяйственная, устройство для сушки.

Исследуется конструкция устройства для ускоренной сушки техники с многофункциональной ручкой и различными типами насадок (насадка с продольным соплом длиной 160 мм, насадка с торцевым соплом 16 и 30 мм), отличающаяся тем, что в корпус ручки введен ультразвуковой датчик приближения, звуковой сигнализатор, позволяющие автоматически контролировать процесс сушки. Экспериментальные опыты (сушка на расстоянии от насадки до поверхности высушиваемого металлического листа 10 и 165 мм) были произведены на основе как стандартных и обще-

принятых методов, так и теории планирования эксперимента. Анализ получаемых результатов опытов происходил с привлечением методов по статистике для обработки экспериментальных данных. В результате эксперимента получены зависимости производительности и времени сушки, а также зависимости скорости испарения влаги от конструкционных параметров многофункциональной ручки. Большая производительность в 7 м²/ч получена при использовании сменной насадки с продольным соплом 160 мм при подогревании воздуха до 40°С. Затраченное на сушку время составило всего около 5 мин. Опыты показали, что теоретические и экспериментальные расчеты имеют одинаковую зависимость, которую можно описать формулой, полученной в ходе полнофакторного эксперимента. Представленная конструкция может быть по-

лезна в обслуживании сельскохозяйственной техники в условиях ремонтных мастерских или на постах консервации, при обслуживании легкового автомобильного транспорта на автомойках. Также она может применяться физическими лицами для сушки техники и машин в личном подсобном хозяйстве.

Keywords: *import substitution, air flow, heat exchange, moisture evaporation, nozzle, drying speed, equipment storage, drying equipment, agricultural machinery, drying device.*

This paper discusses the design of a device for accelerated drying of equipment with a multifunctional handle and various types of attachments (nozzle with a long socket 160 mm long, nozzle with an end nozzle 16 and 30 mm) which differs in that an ultrasonic proximity sensor is introduced into the handle body, a sound signaling device that produces automatic sound. The experiments (drying at a distance from the nozzle to the surface of the metal sheet to be dried 10 mm and 165 mm) were carried out on the

basis of both standard and generally accepted methods, and experiment planning theory. The analysis of the obtained results of the experiments was conducted by using the methods of statistics for the processing of experimental data. As a result of the experiment, the dependences of productivity and drying time were obtained, as well as the dependence of the rate of moisture evaporation on the structural parameters of the multifunctional handle. A greater productivity of 7 m² h was obtained when using a replaceable nozzle with a longitudinal nozzle of 160 mm when heating the air to 40°C. The time spent on drying was about 5 minutes. The experiments have shown that theoretical and experimental calculations have the same dependence which may be described by a formula obtained in the course of a full-factorial experiment. The presented design may be useful in servicing agricultural machinery under the conditions of repair shops or at the post of conservation; when servicing light motor vehicles in car washes. It may also be used by individuals for drying equipment and machinery.

Васильев Алексей Анатольевич, к.т.н., доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: alexei.21@mail.ru.

Шишарина Анастасия Николаевна, преп., Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: lustra-alisa@rambler.ru.

Шкилев Николай Павлович, д.с.-х.н., н.с., Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. E-mail: alexei.21@mail.ru.

Vasilyev Aleksey Anatolyevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: alexei.21@mail.ru.

Shisharina Anastasiya Nikolayevna, Asst. Prof., Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: lustra-alisa@rambler.ru.

Shkilev Nikolay Pavlovich, Dr. Agr. Sci., Staff Scientist, Nizhny Novgorod State Engineering-Economic University. E-mail: alexei.21@mail.ru.

Введение

Несмотря на различные средства финансовой помощи от правительства РФ в виде льготных кредитов и субсидий, обусловленных как стратегией импортозамещения товаров, так и обеспечением продовольственной безопасности страны в целом, в сельскохозяйственных организациях по-прежнему остро стоит проблема обновления машинно-тракторного парка. В связи с этим для руководителей инженерно-технических служб одной из приоритетных задач является сохранность сельскохозяйственной техники от коррозии, а также совершенствование технологических процессов постановки техники на хранение [1].

После операций очистки, мойки и перед нанесением защитных составов требуется значительное время ожидания для испарения влаги с поверхностей машин. Следует учитывать, что в осенний период, который как правило, характеризуется недостатком теплых и солнечных дней, а также высокой вероятностью выпадения

осадков, возможно значительное затягивание сроков консервации техники.

Актуальной является реализация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию эффективного устройства для сушки сельскохозяйственной техники [2].

Цель исследования – экспериментальным путем подтвердить теоретические зависимости эффективности процесса сушки от конструктивных параметров предлагаемой multifunctional ручки в устройстве для сушки техники.

Методика исследований

Изучив материалы монографических исследований ученых, законодательные акты и нормативно-правовые документы, обзоры периодической печати, а также на основе установки для сушки машин [3] для того, чтобы обеспечить требуемое качество работ по противокоррозионной защите при постановке техники на хранение, была создана экспериментальная установка для локальной сушки машин (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальная установка для сушки техники с многофункциональной ручкой:
 1 – воздушный нагнетатель; 2 – цифровая метеостанция; 3 – воздушный шланг;
 4 – электрический кабель; 5 – пульт управления; 6 – разборная многофункциональная ручка

Данная установка состоит из следующих сборочных единиц: воздушного нагнетателя 1, представляющего из себя металлический корпус со встроенным воздушным электрическим нагревателем (ТЭН) мощностью $W=1800$ Вт, одним вентилятором (турбины) мощностью в 7 кПа, а также фильтрующих элементов для очистки воздуха;

- цифровой метеостанции Fan Ju 2, которая измеряет температуру воздуха, атмосферное давление, влажность;

- воздушного шланга 3, представляющего собой гибкую трубу ПВХ диаметром $d_{ш} = 35$ мм и длиной 1,5 м;

- электрического питающего кабеля 4 марки ПВС трехжильный сечением $2,5 \text{ мм}^2$;

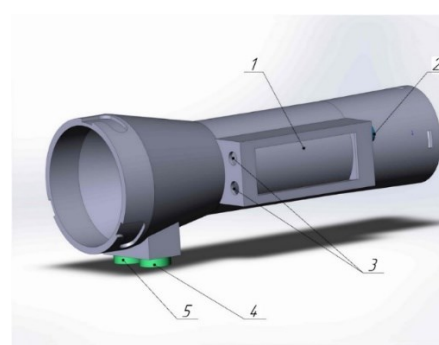
- пульта управления 5, для включения и управления установкой;

- разборной многофункциональной ручки 6.

Многофункциональная ручка 6 предусматривает возможность устанавливать различные типы насадок за счет универсального разъема (рис. 2). На основании ручки расположены ультразвуковой датчик приближения 1, датчик температуры 2, ЖК дисплей 3 и звуковой сигнализатор 4.

Ультразвуковой датчик приближения подсоединен к микроконтроллеру на платформе Arduino сигнальным шлейфом и расположен сбоку от экрана.

Микроконтроллер управляет периферийными устройствами по средством записанной в постоянную память программой (регулировка скорости нагнетателя подаваемого воздуха, регулировка температуры подогревающего ТЭНа).



а



б



в

Рис. 2. Ручка предлагаемого устройства:
 а – основание; б – сменная насадка с продольным соплом; в – сменная насадка с торцевым соплом;
 1 – ЖК дисплей с микроконтроллером, 2 – звуковой сигнализатор, 3 – тумблеры, 4 – ультразвуковой датчик приближения, 5 – датчик температуры

Информация о текущем состоянии установки (температура подаваемого воздуха, воздуха снаружи и расстояние до высушиваемого объекта) выводится на символьный ЖК дисплей 16×2 со встроенной подсветкой.

Результаты исследований

Оценка скорости испарения влаги ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$) при ускоренной сушке осуществлялась следующим образом: предлагаемую установку подключали к электрической сети, с помощью пульта управления включали вентилятор (турбину) и воздушный нагревательный элемент, дожидались подачи воздуха равномерной (установившейся температуры), подносили ручку к поверхности металлического листа, включали секундомер и осуществляли сушку до полного испарения влаги (рис. 3).

Производительность экспериментальной установки рассчитывалась отношением площади листа S ко времени ее сушки t [4, С. 49]:

$$V = \frac{S}{t} \quad (1)$$

Согласно формуле [5]:

$$W = \frac{m}{St'} \quad (2)$$

где m – масса жидкости;
 S – площадь свободной поверхности;
 t – время,
 вычислялась скорость испарения влаги с поверхности.

Большая производительность $7 \text{ м}^2/\text{ч}$ получена при использовании сменной насадки с продольным соплом 160 мм при подогревании воздуха до 40°C (рис. 4). Затрачено на сушку время составило около 5 мин. (рис. 5).



Рис. 3. Исследование процесса испарения влаги экспериментальной установкой

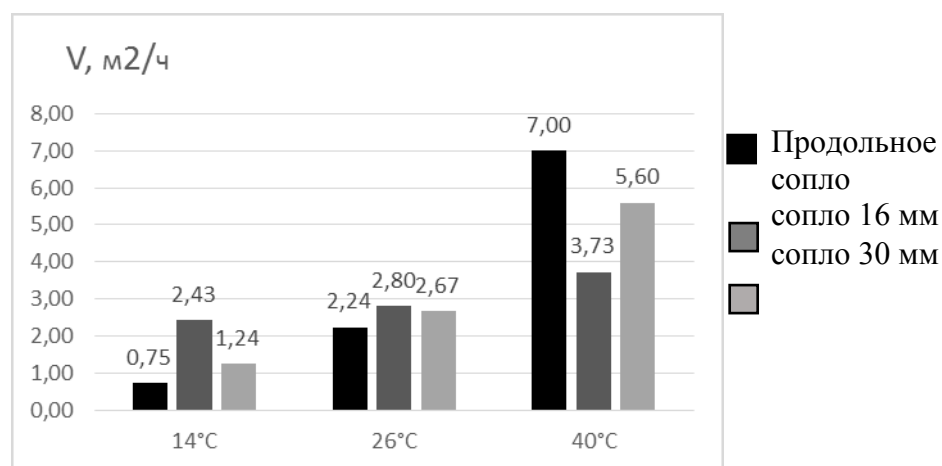


Рис. 4. Диаграмма производительности сушки многофункциональной ручкой со сменными насадками

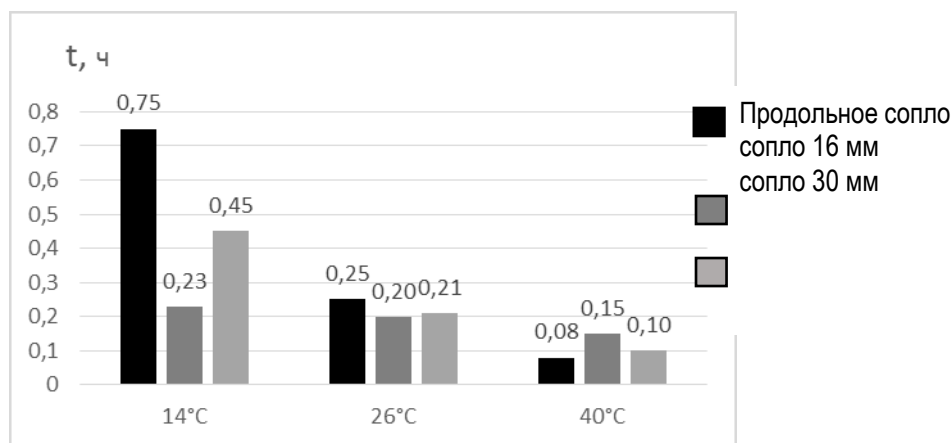


Рис. 5. Диаграмма времени сушки multifunctionальной ручки со сменными насадками

При проведении аналогичного опыта сушки, изменив расстояние от насадки до поверхности высушиваемого металлического листа с 10 до 165 мм, насадка с торцевым соплом 16 мм показала большую эффективность. Так, уже при прогреве воздуха до 14°C поверхность высохла за 12 мин., что сравнимо с предыдущим опытом (45, 14 и 28 мин.). В этом опыте воздух, проходя через продольное опло и насадку с торцевым соплом 30 мм, практически не «доходил» до поверхности высушиваемого объекта. Это можно объяснить малой мощностью вентиляторов, с помощью которых подавался воздух в экспериментальной установке.

Опытным путем выяснилось, что при нагревании воздуха, нагнетаемого сушильной установкой с производительностью 0,15 м²/ч, поверхность объекта сушки была светлее, чем после высыхания в нормальных естественных условиях. Это говорит о том, что влага из рытвин ржавчины объекта эксперимента удаляется практически полностью, поскольку подогревае-

мый выходящий из установки поток воздуха не имел в себе конденсат, даже при условии относительной влажности окружающего воздуха 86%.

В нашем эксперименте скорость потока воздуха была постоянной и равна 20 м/с. Температура менялась: 14, 26 и 40°C соответственно. Сравнивая (рис. 6) скорости испарения влаги при сушке multifunctionальной ручки со сменными насадками с эмпирическими значениями можно сделать вывод, что теоретические (проведение факторного эксперимента) [6, С. 72, 7] и экспериментальные расчеты имеют одинаковую зависимость. Поэтому формулу:

$$w = 0,4z_1 + 0,11z_2 - 0,01z_1z_2 - 0,01, \quad (3)$$

где z_1 – скорость потока воздуха, м/с;
 z_2 – температура, подаваемого воздуха, °C,

Можно принять за функциональную зависимость [8], описывающую нашу экспериментальную установку.

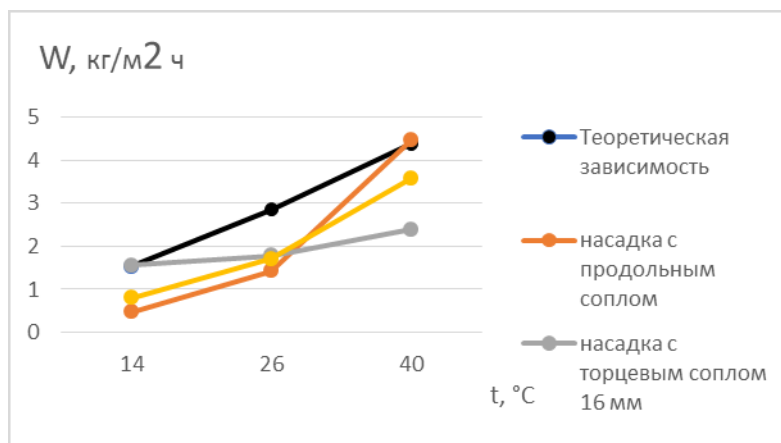


Рис. 6. Сравнение скорости испарения влаги при сушке multifunctionальной ручки со сменными насадками от теоретического значения

Заключение

Представленная конструкция устройства для ускоренной сушки техники с многофункциональной ручкой и различными типами насадок может быть полезна в обслуживании сельскохозяйственной техники в условиях ремонтных мастерских или на постах консервации; при обслуживании легкового автомобильного транспорта на автомойках. Также она может применяться физическими лицами для сушки техники и машин дома в гараже. Из результатов проведенных экспериментальных исследований следует, что теоретические и практические расчеты имеют одинаковую функциональную зависимость.

Библиографический список

1. Миронов, Е. Б. Экспериментальная установка для сушки сельскохозяйственной техники / Е. Б. Миронов, А. Н. Шишарина. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 3 (106). – С. 62-70.
2. Миронов, Е. Б. Современные разработки и технологии в области хранения сельскохозяйственной техники / Е. Б. Миронов, Е. В. Воронов, А. Н. Шишарина. – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 6. – С. 93-96.
3. Патент РФ на изобретение № 2710111, МПК F26B 3/00. Устройство для сушки техники: опубл. 24.12.2019 / Миронов Е. Б., Тарукин Е. М., Шишарина А. Н. – URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2710111> (дата обращения: 22.07.2020). – Текст: электронный.
4. Захаров, Л. Н. Начала техники лабораторных работ / Л. Н. Захаров. – Ленинград: Химия, 2017 – 192 с.: ил. – Текст: непосредственный.
5. Дохов, М. П. Расчет времени испарения дисперсных частиц / М. П. Дохов. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 10. – С. 65-66.
6. Дульнев, Г. Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена / Г. Н. Дульнев [и др.]. – Москва: Высшая школа, 2015. – 206 с. – Текст: непосредственный.
7. Кирсанов, В.В. Математическая модель рекуперации теплоты в условиях образования

инея / В. В. Кирсанов. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 6 (73). – С. 68-77.

8. Okon, N., Ocheje, P., Nsikak, A., et al. (2018). Experimental and computational chemistry studies on the inhibition of aluminium and mild steel in 0.1 M HCl by 3-nitrobenzoic acid. *Journal of Taibah University for Science*. 12. Doi: 10.1080/16583655.2018.1500514.

References

1. Mironov, E.B. Eksperimentalnaya ustanovka dlya sushki selskokhozyaystvennoy tekhniki / E.B. Mironov, A.N. Shisharina // Vestnik NGIEI. – 2020. – No. 3 (106). – S. 62-70.
2. Mironov E.B. Sovremennye razrabotki i tekhnologii v oblasti khraneniya selskokhozyaystvennoy tekhniki / E.B. Mironov, E.V. Voronov, A.N. Shisharina // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. – 2019. – No. 6. – S. 93-96.
3. Mironov, E.B., Tarukin, E.M., Shisharina, A.N. Patent RF na izobretenie No. 2710111, MPK F26B 3/00 Ustroystvo dlya sushki tekhniki, opublikovano: 24.12.2019 [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa <http://www.freepatent.ru/patents/2710111> (data obrashcheniya: 22.07.2020).
4. Zakharov, L.N. Nachala tekhniki laboratornykh rabot. / L.N. Zakharov. – Leningrad: Khimiya, 2017 – 192 s., il.
5. Dokhov, M.P. Raschet vremeni ispareniya dispersnykh chastits / M.P. Dokhov // Fundamentalnye issledovaniya. – 2006. – No. 10. – S. 65-66.
6. Dulnev, G.N. Primenenie EVM dlya resheniya zadach teploobmena / G.N. Dulnev i dr. – Moskva: Vysshaya shkola, 2015. – 206 s.
7. Kirsanov, V.V. Matematicheskaya model rekuperatsii teploty v usloviyakh obrazovaniya ineya / V.V. Kirsanov // Vestnik NGIEI. – 2017. – No. 6 (73). – S. 68-77.
8. Okon, N., Ocheje, P., Nsikak, A., et al. (2018). Experimental and computational chemistry studies on the inhibition of aluminium and mild steel in 0.1 M HCl by 3-nitrobenzoic acid. *Journal of Taibah University for Science*. 12. Doi: 10.1080/16583655.2018.1500514.

