

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНО-ВЕСОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
И ВЛАЖНОСТИ УРОЖАЯ ХМЕЛЯ****Васильев А.О., Андреев Р.В., Алексеев Е.П., Васильев О.А., Зайцев П.В.**

**Реферат:** В статье приводится описание экспериментов по сушке хмеля в лабораторных условиях в стеллажных сушилках с электрическим нагревом, которые по итогам испытаний позволят получить образцы сухого хмеля, сравнимые по качеству с полученными в промышленных сушилках. Шишки хмеля были собраны вручную. Описывается исследование объемно-массовых характеристик шишек хмеля, технология экспериментальной обработки данных, а также зависимости объемной массы хмеля от погодных условий, фазы спелости и сортовых особенностей. Обосновываются основные технические требования при проектировании перспективных хмелесушилок, работающих на различных физических принципах. Цель исследований – аналитическое и экспериментальное определение количества влаги и сухого вещества для обеспечения максимальной выгоды по затратам времени и энергии, необходимых для сушки хмеля. Исследования актуальны благодаря потребности в современном, эффективном, пожаробезопасном оборудовании для сушки хмеля, предназначенном для удовлетворения потребностей малых и крупных производителей. Актуальность исследований заключается в снижении зависимости хмелеводческих предприятий от зарубежных производителей сушильных комплексов, импортозамещения, расширении инвестиционных возможностей указанных организаций, создании технологических условий для интенсификации хмелеводства в стране. Представленные исследования будут востребованы в процессе разработки концепции перспективных хмелесушилок.

**Ключевые слова:** объемно-массовые характеристики, сушка хмеля, производство хмеля, принцип сушки.

**Введение.** Хмель – специфическая сельскохозяйственная техническая культура, шишки этого растения являются незаменимым сырьем для пивоваренной промышленности [1,5,8,10]. На сегодняшний день многие научные труды посвящаются исследованию и повышению уровня энергообеспеченности в отечественном сельском хозяйстве, который намного отстает от зарубежных [2-4,6,7,9,11-13]. В связи с чем становится актуальным вопрос о создании энергосберегающего хмелесушильного комплекса, обладающего простотой конструкции, невысокой стоимостью по сравнению с зарубежными аналогами и повышенной производительностью.

Сушка хмеля является одной из неотъемлемых и наиболее важных операций при его производстве. Потребителями конечного продукта являются сельскохозяйственные производители, желающие как расширить, так и возобновить производство хмеля. Актуальность исследований заключается в снижении зависимости хмелеводческих предприятий от зарубежных производителей сушильных комплексов, импортозамещения, расширении инвестиционных возможностей указанных организаций, создании технологических условий для интенсификации хмелеводства в стране.

**Условия, материалы и методы исследования.** Задача исследования характера характеристик энергоэффективности состоит в том, чтобы аналитически связать характеристики объекта воздействия (хмель) с характеристиками хмелесушилки в зависимости от способа примене-

ния различных физических принципов сушки, а также нахождения совокупности характеристик энергоэффективности, их компонентов и способа их соединения для получения с допустимой степенью приближения заданной совокупности характеристик хмелесушилки.

В рамках решения поставленных задач предполагается использование следующих научных подходов и методов.

1. Экспериментальное определение объемно-массовых характеристик шишек хмеля. Сбор планируется ручной в тару с заранее определенными размерами. Далее планируется сбор информации - взвешивание образцов сырого хмеля и их последующая сушка с повторным взвешиванием. Из этого следует анализ содержания влаги и требуемого влагоотделения проектируемых сушилок. Факторами эксперимента являются погодные условия и фаза технической спелости шишек, а также сортовые особенности хмеля. Это послужит основой для дальнейшей теоретической проработки проблемы исследований.

2. На основе полученных экспериментальных данных в дальнейшем планируется осуществление теоретической проработки кинетики процесса сушки, а также процессов взаимодействия различных агентов на объект сушки.

Исследования по сушке хмеля привели к установлению условий, при которых сушка хмеля может быть выполнена на открытом воздухе с использованием активного проветривания со скоростью потока воздуха до 1

метра в минуту. Следует отметить, что при максимальной загрузке температура сушки должна начинаться примерно при 40 °С в течение первого часа сушки и после этого подниматься на 10 °С в час до устойчивого максимума 65 °С.

Образцы высушенной продукции предполагается брать из высушенных шишек для отчетов об оценке и для анализа аромата. Качественные результаты экспериментов по сушке будут оценены по весу и по органолептическим показателям, основанным на физической оценке образцов экспертами.

**Анализ и обсуждение результатов исследования.** Исследования по сушке хмеля проводились в УНПЦ «Студгородок» во время сбора урожая хмеля в 2018 году. Были использованы сорта «Подвязный», «Сумерь» и «Ранний».

Масса шишек хмеля собиралась вручную и собиралась в коробки, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда с заранее определенными размерами до достижения заданного объема. Далее производилось взвешивание образцов сырого хмеля и их последующая сушка с повторным взвешиванием. Повторность операций – трехкратная. Факторами эксперимента являлись погодные условия, сорт и фаза технической спелости шишек. Параметры сушки также варьировались с целью получения наиболее эффективного способа осушения.

Для проведения эксперимента была применена сушилка, предназначенная для использования с принудительной подачей воздуха при 65 °С и высотой слоя, варьируемой в диапазоне от 0,6 до 1,2 метра. Ориентировочная средняя урожайность хмеля за 2012-2017 годы в хозяйствах Чувашской Республики была взята в размере 17 ц/га [5].

Объемная масса вычислялась для массы шишек и определялась по известной методике по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V_{обр}} \quad (1)$$

где  $m$  – масса образца, кг,  
 $V_{обр}$  – объем образца, м<sup>3</sup>.

При этом объем образца  $V_{обр}$  определялся произведением площади насыпи массы шишек хмеля на высоту слоя, которая варьировалась в диапазоне от 0,3 м до 1,2 м с целью определения наличия уплотнения. Масса образца определялась методом взвешивания. Табл. 1 отражает объемную массу шишек хмеля при различных значениях высоты слоя загрузки, а также в зависимости от фазы технической спелости. Для этого образцы отбирались в разные сроки. Незрелые – за 3 недели до начала уборки, когда шишки только становились упругими и до приобретения золотисто-зеленого цвета. Спелые шишки приобретают характерный золотисто-зеленый оттенок и слегка приоткрываются. Перезревшие шишки буреют, становятся рыхлыми, интенсивно теряют влагу и подсыхают, они собирались после сроков уборки.

Как видно из табл. 1, шишки хмеля обладают переменной объемной массой в зависимости от слоя загрузки, причем наибольшей степенью уплотнения обладают незрелые шишки.

Было получено определенное количество образцов шишек хмеля, влажность которых определялась по весу. Хмель из каждого образца был дозирован на весах по массе – 0,5 кг сырого хмеля, затем доведен до полного высушивания и взвешен повторно.

Влажность сухого хмеля, согласно техническим требованиям, должна составлять от 8 до 10%. Поскольку при проведении экспериментальной части производилось взвешивание абсолютно сухого вещества, для достижения целевых показателей влажности проводилось дальнейшее кондиционирование хмеля атмосферным воздухом, с промежуточным взвешиванием. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Объемная масса шишек сырого хмеля на 1 м<sup>2</sup> при различных значениях высоты загрузки, сорт – «Подвязный»

Высота слоя шишек хмеля, м	Объемная масса шишек хмеля при фазах технической спелости, кг/м <sup>3</sup>		
	Незрелые	Спелые	Перезревшие
0,3	53,33	50,00	46,67
0,4	55,00	52,50	47,50
0,5	56,00	54,00	48,00
0,6	58,33	53,33	48,33
0,7	60,00	57,14	50,00
0,8	62,50	58,75	51,25
0,9	65,56	57,78	51,11
1,0	68,00	60,00	52,00
1,1	71,82	62,73	52,73
1,2	74,17	64,17	53,33

Таблица 2 – Количество воды, теряемое шишками хмеля при высушивании до целевых показателей влажности от 8 до 10%, при массе сырых образцов 0,5 кг

Влажность сырого хмеля, %	Количество сухого вещества, %	Масса потерянной образцами воды при влажности, %				
		8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
80,0	20,0	388,7	388,1	387,5	386,9	386,3
79,5	20,5	386,0	385,4	384,8	384,1	383,5
79,0	21,0	383,3	382,6	382,0	381,4	380,7
78,5	21,5	380,6	379,9	379,3	378,6	378,0
78,0	22,0	377,8	377,2	376,5	375,9	375,2
77,5	22,5	375,1	374,4	373,8	373,1	372,4
77,0	23,0	372,4	371,7	371,0	370,3	369,6
76,5	23,5	369,7	369,0	368,3	367,6	366,8
76,0	24,0	367,0	366,3	365,5	364,8	364,1
75,5	24,5	364,2	363,5	362,8	362,0	361,3
75,0	25,0	361,5	360,8	360,0	359,3	358,5
74,5	25,5	358,8	358,1	357,3	356,5	355,7

Таблица 3 – Результаты вычисления объемной массы высушенных до 10% влажности по весу шишек хмеля

Высота слоя шишек хмеля, м	Объемная масса высушенных шишек хмеля, кг/м <sup>3</sup>
0,3	19,67
0,4	19,75
0,5	19,80
0,6	19,83
0,7	21,43
0,8	21,25
0,9	21,11
1,0	22,00
1,1	21,82
1,2	21,67

Из табл. 2 видно, что при высушивании до целевых показателей хмель теряет значительное количество воды.

Полученные образцы хмеля были высушены до требуемого значения влажности по весу. Как выяснилось, объемная масса шишек хмеля при разных фазах технической спелости показала идентичные результаты, но уплотнение при разных значениях глубины загрузки также наблюдалось. Результаты вычисления объемной массы высушенных образцов хмеля представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы 3, у высушенных шишек хмеля по-прежнему наблюдалось явление уплотнения нижних слоев.

**Выводы.** 1. Были проведены исследования объемно-массовых характеристик шишек хмеля, анализ содержания влаги. Эти значения будут полезны при составлении технического задания к перспективным хмелесушилкам, параметрам их требуемого влагоотделения.

Фаза технической спелости шишек, а также сортовые особенности хмеля показали себя существенными факторами, влияющими на влажность и объемную массу. Это послужит основой для дальнейшей теоретической проработки проблемы исследований.

2. На основе полученных экспериментальных данных может быть осуществлена теоретическая проработка кинетики процесса сушки, а также процессов взаимодействия различных агентов на объект сушки.

3. Моделирование теплообменных процессов в среде программирования также потребует результатов проведенных экспериментов. На их основе возможно численное моделирование процесса сушки. Полученные расчетные данные распределения скорости и температуры в сушильной камере с помощью поэтапного расчета задач пневмодинамики тепло- и массопереноса позволят подготовить методику проведения дальнейших исследований.

#### Литература

1. Дмитриев Ю.П., Медведев В.И., Акимов А.П., Дмитриева О.Ю., Дмитриев С.Ю., Максимов А.Н., Андреев В.А. Машинные технологии для возделывания хмеля //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 86-92.
2. Захаров А.И., Евграфов О.В., Макушев А.Е., Толстова М.Л., Захаров Д.А. Перспективы повышения

эффективности хмелеводческого кластера Чувашской Республики //Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. № 2 (14). С. 111-118.

3. Макушев А.Е., Захаров А.И., Захаров Д.А., Толстова М.Л. Факторы повышения эффективности производства хмеля в Чувашской Республике //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4 (46). С. 106-109.

4. Захаров А.И., Макушев А.Е., Белов В.В., Толстова М.Л. факторы повышения эффективности производства хмеля в региональном АПК //Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 36. С. 161-166.

5. Медведев В.И., Казаков Ю.Ф., Пушкаренко Н.Н., Смирнов П.А., Васильев А.О. Современный уровень механизации возделывания хмеля в Чувашской Республике: проблемы и направления развития //Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 37. С. 27-31.

6. Макушев А.Е., Владимиров В.В., Захаров А.И. Возможности развития хмелеводства в Чувашской Республике //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 4 (42). С. 15-19.

7. Алатырев С.С., Юркин А.П., Воронин В.В., Кручинкина И.С., Алатырев А.С. Способ уборки кочанной капусты и устройство для его осуществления. Патент на изобретение RUS 2554403 19.03.2014

8. Юрьев В.И., Дмитриев Ю.П., Дмитриев С.Ю. Комплекс машин для возделывания хмеля в летне-осенний период //Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 4. С. 38-41.

9. Юрьев В.И., Дмитриев Ю.П., Дмитриев С.Ю. Комплекс машин для возделывания хмеля в весенне-летний период //Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 6. С. 45-47.

10. Vasiliev A.O., Andreev R.V., Pushkarenko N.N., Smirnov P.A. Ivanov, E.A. Modern ways of improving the mechanization of hop cultivation. 30th IBIMA Conference: 8-9 November 2017, Madrid, Spain, P. 5294-5289.

11. Makushev, A.E., Tolstova, M.L., Ivanova, E.V., Aleksandrova, Z.A., Stepanov, A.V. Integration as a basic condition for development and implementation of the effective financial strategy of the region //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA, 2017, P. 5285-5288.

12. Lozhkin A.G., Makushev A.E., Pushkarenko N.N., Kornilova L.M., Stepanova V.V., Fedorova O.N. Revival of Hop-production in the Chuvash Republic: Problems, challenges and opportunities //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA, 2017 - P. 5295-5299.

**Сведения об авторах:**

Васильев Александр Олегович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-mail: 3777222@bk.ru

Андреев Роман Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, e-mail: rv\_andreev@mail.ru

Алексеев Евгений Петрович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, e-mail: zhenia\_alex@mail.ru

Васильев Олег Александрович – доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства и кадастров, e-mail: vasiloleg@mail.ru

Зайцев Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, e-mail: zhenia\_alex@mail.ru

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.

**DETERMINATION OF VOLUME AND WEIGHT CHARACTERISTICS AND HUMIDITY OF HOPE YIELD**

**Vasilev A.O., Andreev R.V., Alekseev E.P., Vasilev O.A., Zaytsev P.V.**

**Abstract.** The article describes the experiments on the drying of hops in laboratory conditions in rack-type dryers with electric heating, which, according to the results of tests, will allow to obtain samples of dry hops, comparable in quality to those obtained in industrial dryers. The hop cones were harvested by hand. The study describes the volume-mass characteristics of hop cones, the technology of experimental data processing, as well as the dependence of the volume mass of hops on weather conditions, the ripeness phase and varietal characteristics. The main technical requirements for the design of promising hops, working on various physical principles are justified. The purpose of the research is the analytical and experimental determination of the amount of moisture and dry matter, in order to ensure maximum benefit in terms of time and energy needed for hops drying. Research is relevant due to the need for modern, efficient, fireproof hops drying equipment designed to meet the needs of small and large producers. The relevance of the research is to reduce the dependence of hop-raising enterprises on foreign manufacturers of drying systems, import substitution, expanding the investment opportunities of these organizations, creating technological conditions for intensifying hop production in the country. The presented research will be in demand in the process of developing the concept of promising oast houses.

**Key words:** volume and weight characteristics, hop drying, hop production, the principle of drying.

**References**

1. Dmitriev Yu.P., Medvedev V.I., Akimov A.P., Dmitrieva O.Yu., Dmitriev S.Yu., Maksimov A.N., Andreev V.A. Machine technology for hop cultivation. [Mashinnye tekhnologii dlya vozdelvaniya khmelya]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* 2018. Vol. 13. №2 (49). P. 86-92.

2. Zakharov A.I., Yevgrafov O.V., Makushev A.Ye., Tolstova M.L., Zakharov D.A. Prospects for improving the efficiency of the hop cluster in the Chuvash Republic Perspektivy povysheniya effektivnosti khmelevodcheskogo klastera Chuvashskoy Respubliki // *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Selskokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki. – The Herald of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economics.* 2018. №2 (14). P. 111-118.

3. Makushev A.E., Zakharov A.I., Zakharov D.A., Tolstova M.L. Factors increasing the efficiency of hops production in the Chuvash Republic. [Faktory povysheniya effektivnosti proizvodstva khmelya v Chuvashskoy Respublike]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. 2017. Vol. 12. №4 (46). P. 106-109.

4. Zakharov A.I., Makushev A.E., Belov V.V., Tolstova M.L. Factors improving the efficiency of hops production in the regional agriculture. [Faktory povysheniya effektivnosti proizvodstva khmelya v regionalnom APK]. // *Izvestiya zhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. - News of the International Academy of Agrarian Education*. 2017. № 36. P. 161-166.

5. Medvedev V.I., Kazakov Yu.F., Pushkarenko N.N., Smirnov P.A., Vasilev A.O. The modern level of mechanization of hop cultivation in the Chuvash Republic: problems and directions of development. [Sovremennyy uroven mekhanizatsii vozdelvaniya khmelya v Chuvashskoy Respublike: problemy i napravleniya razvitiya]. // *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. - News of the International Academy of Agrarian Education*. 2017. №37. P. 27-31.

6. Makushev A.E., Vladimirov V.V., Zakharov A.I. . Opportunities for the development of hop production in the uvash Republic. [Vozmozhnosti razvitiya khmelevodstva v Chuvashskoy Respublike]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. 2016. Vol. 11. №4 (42). P. 15-19.

7. Alatyrev S.S., Yurkin A.P., Voronin V.V., Kruchinkina I.S., Alatyrev A.S. *Sposob uborki kochannoy kapusty i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya*. Patent RUS 2554403 19.03.2014. (The method of harvesting cabbage and device for its implementation).

8. Yurev V.I., Dmitriev Yu.P., Dmitriev S.Yu. Complex machines for hop cultivation in the summer-autumn period. [Kompleks mashin dlya vozdelvaniya khmelya v letne-osenniy period]. // *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. - Agricultural machines and technologies*. 2013. № 4. P. 38-41.

9. Yurev V.I., Dmitriev Yu.P., Dmitriev C.Yu. The complex of machines for hop cultivation in the spring-summer period. [Kompleks mashin dlya vozdelvaniya khmelya v vesenne-letniy period]. // *Selskokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. - Agricultural machines and technologies*. 2012. № 6. P. 45-47.

10. Vasilev A.O., Andreev R.V., Pushkarenko N.N., Smirnov P.A. Ivanov, E.A. Modern ways of improving the mechanization of hop cultivation. 30th IBIMA Conference: 8-9 November 2017, Madrid, Spain, P. 5294-5289.

11. Makushev, A.E., Tolstova, M.L., Ivanova, E.V., Aleksandrova, Z.A., Stepanov, A.V. Integration as a basic condition for development and implementation of the effective financial strategy of the region //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA, 2017, P. 5285-5288.

12. Lozhkin A.G., Makushev A.E., Pushkarenko N.N., Kornilova L.M., Stepanova V.V., Fedorova O.N. Revival of Hop-production in the Chuvash Republic: Problems, challenges and opportunities //Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA, 2017 - P. 5295-5299.

#### Authors:

Vasilev Aleksandr Olegovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Service, e-mail: 3777222@bk.ru

Andreev Roman Viktorovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Service, e-mail: rv\_andreev@mail.ru

Alekseev Evgeniy Petrovich – Ph.D. of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Transport and Technological Machines and Complexes, e-mail: zhenia\_alex@mail.ru

Vasilev Oleg Aleksandrovich – Doctor of Biological Sciences, Professor of Land management and Cadastres Department, e-mail: vasiloleg@mail.ru

Zaytsev Petr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agricultural Academy.