

SELECTION OF GENERATION SOURCES IN RES-BASED MICROGRIDS

V. Kharchenko, V. Gusarov, V. Adomavicius, I. Valickas

Annotation. *Concept, guidelines and principles of RES-based microgrids formation are proposed for efficient utilizing of renewable energy sources. It could be useful for solving tasks of energy supply taking into consideration high standards of environment protection of XXI century. Measures for the microgrids arrangement, criteria of energy generators choice are proposed. Importance and benefits of optimization of microgrid energy generating equipment composition, efficiency and their optimal capacity is explained.*

Key words: *energy, microgrids, structure of microgrids, functions, optimization, renewable energy sources*

УДК 662.997.534.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

*А. И. Исманжанов, доктор технических наук
Кыргызско-Узбекский университет, г. Ош*

Н. М. Ташиев, аспирант

*Ошский технологический университет, г. Ош
e-mail: anvis2012@mail.ru*

Аннотация. *Приведены результаты исследований по сушке пастообразных продуктов до порошкообразного состояния с помощью солнечной энергии. Установлено, что испарение влаги с измельченных продуктов происходит аналогично испарению со свободной поверхности воды.*

Ключевые слова: *солнечная сушка, этапы сушки, пастообразный продукт, остаточная влажность, порошковый продукт*

Ежегодно во всем мире производится огромное количество порошков сельхозпродуктов для нужд пищевой промышленности. Если учесть, что фрукты, ягоды и овощи, за исключением некоторых их видов, состоят почти на 90 % и выше из воды, то для превращения таких продуктов в порошок методом сушки необходимо удалить из них влагу,

© А. И. Исманжанов, Н. М. Ташиев, 2016

составляющую как минимум 82–87 % от их начального веса (остаточная влажность конечного продукта должна составлять не более 3–8 %) [1].

В порошковом состоянии сельхозпродукты, как известно, хранятся долго и удобны в потреблении. Этому способствует малая остаточная влажность порошковых продуктов, составляющая не более 5–8 %. Это намного меньше, чем в обычных сушеных сельхозпродуктах – 15–18 % [2, 3].

Как известно, для испарения 1 кг воды требуется 2450 кДж тепла [4]. При существующих мировых объемах производства порошковых продуктов, составляющих несколько миллионов тонн, для получения такого количества порошков потребуется огромное количество тепла.

Поскольку для получения порошковых продуктов в основном применяется метод термической сушки и для получения тепловой энергии используется в основном теплота сгорания органического топлива, то становится очевидным, что производство порошков сельхозпродуктов не только потребляет огромное количество тепловой энергии, но и вносит существенный вклад в загрязнение окружающей среды выбросами CO₂, и других загрязнений.

В свете изложенного, использование солнечной энергии для получения тепла для сушки сельхозпродуктов и получения из них порошков является весьма актуальной.

Использование традиционных методов сушки сельхозпродуктов, при которых их остаточная влажность составляет не менее 15–17 %, не позволяет превратить эти продукты в порошок, так как при такой остаточной влажности они остаются мягкими и их невозможно измельчить.

Для получения продуктов с остаточными влажностями нужна другая методика сушки, но с использованием солнечной энергии.

Цель исследований – разработка технологии и установок для сушки сельхозпродуктов до низкой остаточной влажности с помощью солнечной энергии, позволяющие превращать сушеные продукты измельчением в порошок.

Материалы и методика исследований. Эксперименты проводились с 16 видами фруктовых и бахчевых продуктов: вишня, черешня, урюк (два сорта), персик, слива, яблоко, груша, айва клубника, малина, арбуз, дыня, тыква, томаты, морковь и др.

Виноград, черешня, вишня, урюк, слива, дыня, относятся к плодам с большим содержанием сахара. Содержание сахара в них достигает 12–15 %;

Яблоко, персик, айва, арбуз относятся к продуктам со средним содержанием сахара (5–8 %).

Тыква, томаты, морковь относятся к плодам с малым содержанием сахара (2–3 %).

Исследования проводились в основном экспериментальными методами.

Результаты исследований. В работах [5, 6] описана разработанная нами солнечная сушильная установка (ССУ) для получения порошков сельхозпродуктов. В данной статье приведены

результаты экспериментов по сушке сельхозпродуктов с целью получения их порошков.

Блок-схема разработанной технологии получения порошков сельхозпродуктов показана на рис. 1.

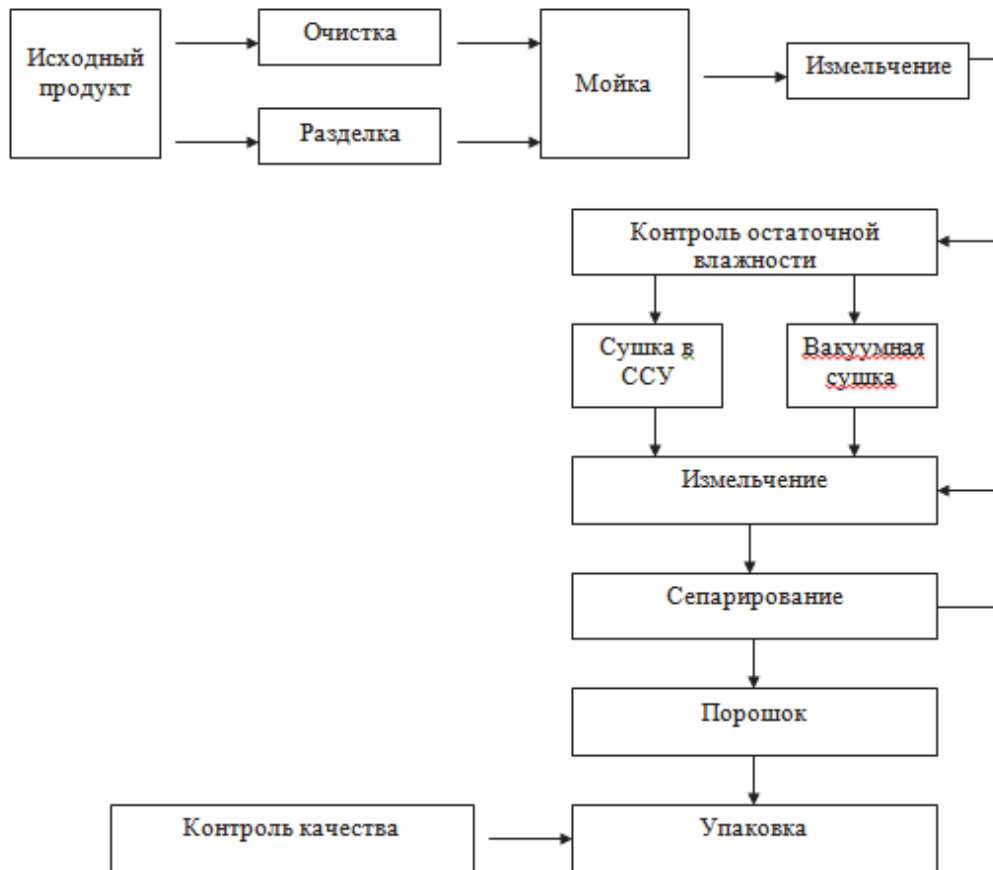


Рис. 1. Блок-схема технологии получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии

Предварительно высушиваемые продукты превращались в равномерную пастообразную массу в бытовом измельчителе (аналог кофемолки). Максимальные размеры частиц продукта при этом не превышали 1 мм. При этом часть воды в виде сока, вышедшая из разрушенных капилляров, выделялась от пастообразного продукта. Перед погружением в поддоны вся масса тщательно перемешивалась до полного поглощения выделившейся воды пастообразным продуктом.

Для сушки пастообразные (жидковязкие) продукты клали в специальные поддоны из пищевой стали размерами 350x375 мм и высотой бортиков в 6 ± 1 мм. Толщина материала поддонов составляла 0,5 мм. Начальная толщина продуктов составляла 6 ± 1 мм. Это достигалось выравниванием толщины продуктов с верхней частью бортика поддона с помощью специального скребка.

Сушку продуктов проводили в солнечной сушильной установке радиационно-конвективного типа (ССУ) и параллельно – на открытом воздухе (воздушно-солнечная сушка, ВСС).

ССУ радиационно-конвективного типа состоит из двух основных блоков – солнечного воздухонагревательного коллектора (СВК) площадью приемной поверхности 780x1280 мм и камеры сушки (КС) такого же размера, соединенных между собой последовательно. КС представляет собой прямоугольный теплоизолированный ящик с верхним прозрачным ограждением из плоского стекла толщиной 5 мм.

Из СВК горячий воздух поступает в КС ССУ. Таким образом, продукты нагреваются как горячим воздухом, поступающим из СВК, так и непосредственно солнечным излучением.

При этом эксперименты проводились в следующих вариациях (рис. 2):

а) воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне (П), без нагревательных элементов (а);

б) воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне с нагревательными элементами (б), (П+НЭ);

в) воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне с нагревательными элементами, контактирующими с продуктом (в) (П+НЭК);

г) сушка пастеризованного продукта в ССУ в поддоне (П) без нагревательных элементов (г);

д) сушка пастеризованного продукта в ССУ поддоне с нагревательными элементами (д), (П+НЭ).

е) сушка пастеризованного продукта в ССУ поддоне с нагревательными элементами, контактирующими с продуктом (е), (П+НЭК).

На части продуктов накладывались нагревательные элементы в виде прямоугольных корыт длиной 330 мм и шириной 30 мм и высотой борта

5 мм, изготовленных из пищевой стали толщиной 1 мм. Верхнюю часть этих элементов, обращенную к Солнцу, покрывали черным печным лаком со средним коэффициентом поглощения 92 %.

На одной стороне корыта имеется линейный отросток шириной в 10 мм для затенения продукта от прямого попадания солнечных лучей. Средний вес нагревательных элементов составлял 125 ± 5 г. Площадь его контакта с продуктом составляла 99 см^2 . Таким образом, давление нагревательного элемента на пастообразный продукт составляло $1,26 \text{ г/см}^2$.

При наложении нагревательных элементов на продукты они погружаются в продукты на 0,2–0,5 мм в зависимости от их мягкости. Меньше всего нагревательные элементы углубляются в пастообразные продукты с толстой кожурой, а также в морковь и грушу, имеющие волокнистую структуру твердого скелета. Больше всего нагревательные элементы углубляются в мягкие, очищенные от кожуры продукты (арбуз, томаты, персик).

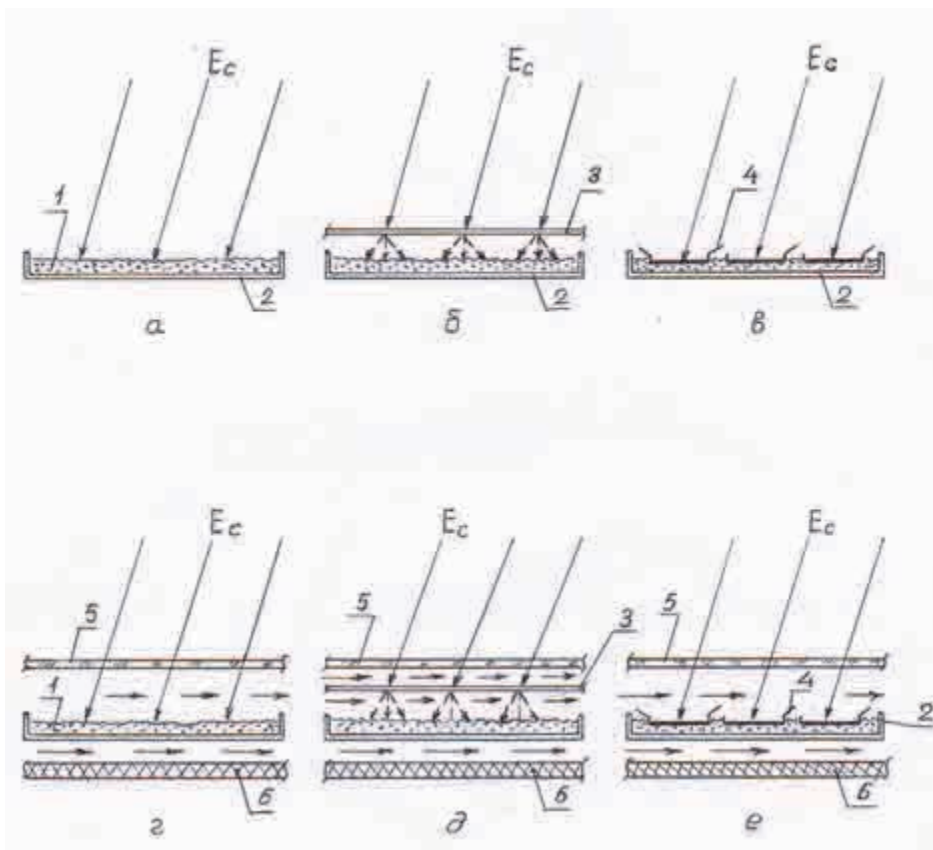


Рис. 2. Схемы вариантов сушки пастообразных продуктов на открытом воздухе (а, б, в) и в солнечной сушильной установке (г, д, е)

При большем весе нагревательного элемента или при его вдавливании в продукт жидкость из пастообразного продукта выделяется в отдельную фазу, что недопустимо. Продукт должен сохнуть вместе с собственным соком.

Сушку пастеризованных продуктов проводили в ССУ и параллельно – на открытом воздухе (воздушно-солнечная сушка – ВСС).

В камере сушки располагаются 6 поддонов с продуктами.

С целью изучения влияния непосредственного нагрева от нагревателей часть поддонов не имели нагревательных элементов и продукты нагревались только прямым солнечным излучением.

Эксперименты проводились в 2014 и 2015 гг. Для примера на рис. 3 и 4 приведены результаты сушки клубники и тыквы.

Как видно из рисунков, при сушке продуктов в пастообразном виде с разрушенными капиллярами процесс сушки, за исключением начальных этапов сушки, когда происходит разогрев продукта, имеет практически одинаковую скорость. На конечном этапе сушки во всех вариантах скорость сушки замедляется и при достижении предельной остаточной влажности практически прекращается.

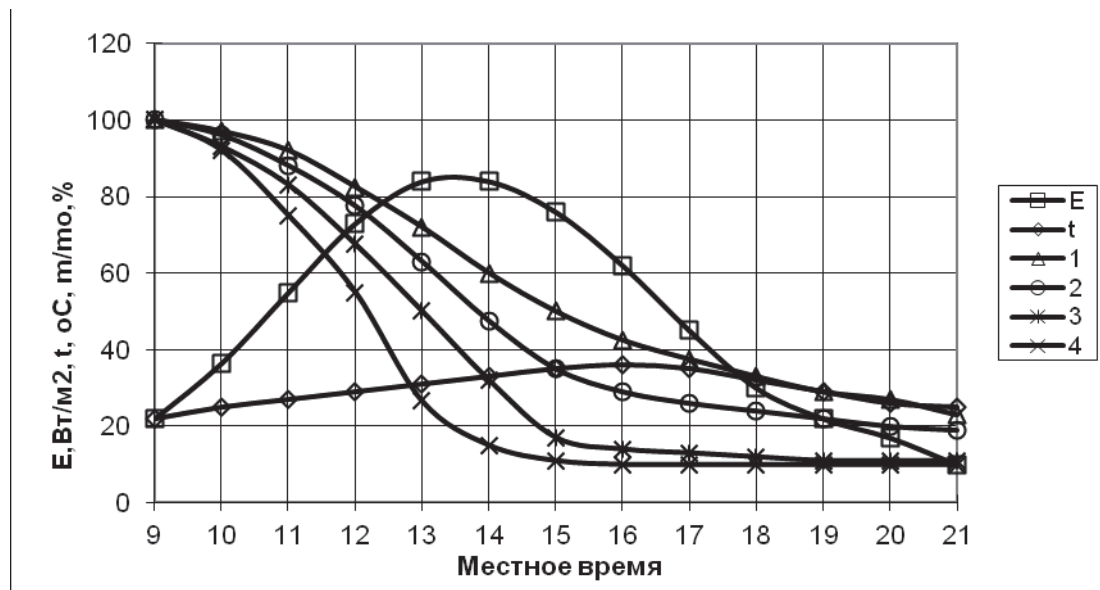


Рис. 3. Результаты сушки клубники:

E – плотность суммарной солнечной радиации, t – температура окружающего воздуха; 1 и 2 – сушка в солнечной сушильной установке (1 – в поддоне с нагревательным элементом, 2 – в поддоне без нагревательного элемента); 3–4 – воздушно-солнечная сушка (1– в поддоне с нагревательным элементом, 2 – в поддоне без нагревательного элемента)

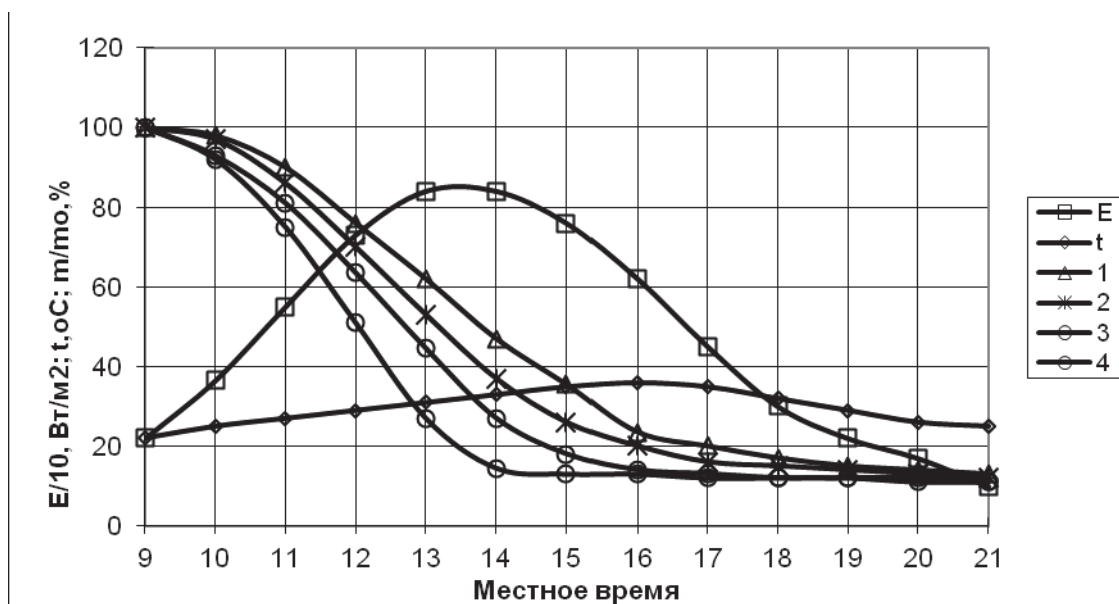


Рис. 4. Результаты сушки тыквы (обозначения те же, что и на рис. 3)

Клубника, высушенная в виде пасты, теряет до 85,2 % своей массы. Если учесть, что она состоит почти из 90 % воды, то остаточная влажность высушенного продукта составляет всего 5,2 %.

Как показали наши эксперименты, толщина продукта около 6 мм является оптимальной с точки зрения испарения влаги с такой массы продуктов в течение одного светового дня при плотностях солнечной радиации, наблюдающейся в летнее время в условиях Средней Азии.

При больших толщинах продуктов, они не успевают высохнуть до достаточно низкой остаточной влажности и остаются мягкими, что не позволяет превратить их в порошок.

При более низких значениях плотности солнечной радиации следует уменьшить толщину высушиваемого продукта.

Ряд фруктов и овощей (айва, груши, некоторые сорта яблок, виноград, поздние сорта дынь, чеснок и т. д.) созревают в осеннее время, когда максимальная плотность солнечной радиации относительно невысока (400–500 Вт/м₂). В этом случае можно применять контактный способ их сушки с использованием контактирующих нагревательных элементов.

При более высоких плотностях солнечной радиации температура контактирующих нагревательных элементов доходит до 80–85 °С из-за чего верхний слой высушиваемых продуктов «подгорает», теряет вкусовые качества и становится непригодной для потребления.

В начальный период сушки, когда плотность солнечной радиации невысока и угол падения прямой солнечной радиации на поверхность прозрачной изоляции СВК и КС большой, скорость испарения воды из продуктов небольшая и в это время в основном идет разогрев продукта.

Начиная с 10 часов дня, температура воздуха, нагреваемого в СВК, достаточно высока, а также возрастает величина поглощаемой непосредственно продуктами и нагревательными элементами солнечной радиации и интенсивно идет испарение влаги с продуктов.

Следует отметить, что при сушке пастообразных продуктов не наблюдается имеющий место при сушке обычных сельхозпродуктов двухэтапный процесс сушки. Испарение влаги происходит как от свободной поверхности воды. Это объясняется достаточно короткими длинами разрушенных капилляров и выходом воды из них и нахождением воды в пространстве между мелкими частицами пастообразного продукта. Испарение влаги с такого продукта практически до окончания процесса сушки идет как от свободной поверхности воды.

В конце сушки продукты имеют низкую остаточную влажность, достигающие 5–8 %. Измельчением в бытовой кофемолке их легко можно превратить в порошок.

Продукты, содержащие много сахара (урюк, вишня, черешня, дыня и др.), даже потеряв значительное количество влаги, все еще остаются мягкими: в них остается 12–15 % влаги, которая не позволяет измельчать их в порошок. Даже при дальнейшей сушке таких продуктов в ССУ остаточная влага существенно не уменьшается. В этом случае, для их досушки необходима дополнительная, например, сушка вакуумно-сублимационным методом.

Выводы

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы и заключения:

1. Разработанная технология позволяет получать порошки сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии.

2. Сушку сельхозпродуктов следует осуществлять конвективно-контактным или конвективно-инфракрасным способом сушки. Это зависит от вида продукта, от его теплофизических свойств и состава, плотности солнечной радиации и температуры окружающей среды.

3. При высоких плотностях солнечной радиации (700 Вт/м² и более) сельхозпродукты рекомендуется сушить радиационно-конвективным методом.

4. При низких плотностях солнечной радиации предпочтителен контактно-конвективный метод сушки.

5. Технологическая схема сушки сельхозпродуктов зависит от содержания сахара в них: для сахаристых продуктов требуется дополнительная досушка продуктов вакуумно-испарительным методом.

6. В случае солнечной сушки жидковязких (пастообразных) сельхозпродуктов не наблюдаются этапы сушки, характерные целым или крупно измельченным продуктам. Сушка жидковязких (пастообразных) продуктов в основном состоит из одного этапа сушки, характеризующегося постоянной скоростью сушки, что связано с их строением (разрушенными капиллярами).

7. Сушка жидковязких (пастообразных) сельхозпродуктов происходит аналогично механизму испарения с открытой поверхности жидкости.

8. Чем мельче продукт (чем больше разрушены капилляры), тем быстрее он сушится.

9. Кожистые продукты (виноград, слива, черешня, вишня и др.) сушатся медленнее, что обусловлено трудностью испарения влаги с кожистых слоев.

10. Малосахаристые и волокнистые продукты: айва, груша, морковь и др. имеют более высокую скорость сушки, чем обычные измельченные продукты. При их измельчении и укладке на поддоны между волокнами остается пространство, что увеличивает площадь испарения продукта.

Список литературы

1. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.
2. Сушка пищевых растительных материалов / [Филоненко Г. К., Гришин М. А., Гольдберг Я. М., Коссек В. К.]. – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 300 с.
3. Исманжанов А. И. Солнечные сушильные установки и комплексы. Расчет и проектирование / Исманжанов А. И., Клычев Ш. И. – Бишкек : Илим, 2011. – 131 с.
4. Алексеев Г. Н. Общая теплотехника / Г. Н. Алексеев. – М. : Высшая школа, 1980. – 552 с.
5. Исманжанов А. И. Разработка солнечной сушильной установки для получения порошков сельхозпродуктов / А. И. Исманжанов, Н. М. Ташиев, К. Абдырахмануулу // Известия ОшТУ. – № 2. – С. 194–197.

6. Пат. №1615 Кыргызская Республика: МПК6 F 24 J 2/46, F 26 B 17/09.
Солнечная сушильная установка / Исманжанов А. И., Абдырахмануулу К.,
Ташиев Н. М.

**РОЗРОБКА Й ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ОТРИМАННЯ ПОРОШКІВ СІЛЬГОСППРОДУКТІВ
ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

A. I. Ismanjanov, N. M. Tashiev

Анотація. *Наведено результати досліджень із сушіння пастоподібних продуктів до порошкоподібного стану за допомогою сонячної енергії. Встановлено, що випаровування вологи з подрібнених продуктів відбувається аналогічно випаровуванню з вільної поверхні води.*

Ключові слова: *сонячне сушіння, етапи сушіння, пастоподібний продукт, залишкова вологість, порошоківий продукт*

**DEVELOP AND RESEARCH OF THE TECHNOLOGY POWDERING
AGRYCULTURAL PRODUCTS BY SOLAR ENERGY**

A. Ismanjanov, N. Tashiev

Annotation. *Described results of researches draying some agricultural products till powder consist by solar energy. Determined, that evaporation of moister from products similar evaporation from free surface of water.*

Key words: *solar drying, stages of drying, some agricultural products, residual moister, powder product*