

УДК 662.997.534  
AGRIS A50

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/46>

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

©*Ташиев Н. М.*, ORCID: 0000-0001-9739-7638, SPIN-код 4962-3103, канд. техн. наук, Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, [miali\\_n@mail.ru](mailto:miali_n@mail.ru)  
©*Бокоев К. А.*, ORCID: 0000-0001-6813-4206, SPIN-код 5048-6573, канд. техн. наук, Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, [bokoevka@list.ru](mailto:bokoevka@list.ru)

## TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF SOLAR PRODUCTION OF AGRICULTURAL POWDERS

©*Tashiev N.*, ORCID: 0000-0001-9739-7638, SPIN-code: 4962-3103, Ph.D., Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, [miali\\_n@mail.ru](mailto:miali_n@mail.ru)  
©*Bokoyev K.*, ORCID: 0000-0001-6813-4206, SPIN-code: 5048-6573, Ph.D., Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, [bokoevka@list.ru](mailto:bokoevka@list.ru)

*Аннотация.* Приведены результаты исследований экономических аспектов получения порошков сельскохозяйственных продуктов с помощью солнечной энергии. Приведены технико-экономические показатели получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии по сушке пастообразных продуктов до порошкообразного состояния. Составлена технико-экономическая схема материальных и трудовых затрат, определены показатели экономической эффективности технической схемы получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии.

*Abstract.* This work presents the results of studies of the economic aspects of obtaining powders of agricultural products using solar energy. The technical and economic indicators of obtaining powders of agricultural products using solar energy for drying pasty products to a powdery state are given in the work/. The technical and economic scheme of material and labor costs has been drawn up and the indicators of the economic efficiency of a technical scheme for obtaining powders of agricultural products using solar energy have been determined.

*Ключевые слова:* сельхозпродукты, солнечная энергия, сушильная установка, техническая схема, пастообразный продукт, остаточная влажность, порошковый продукт.

*Keywords:* agricultural products, solar energy, drying plant, technical diagram, pasty product, residual moisture, powder product.

Одним из способов уменьшения потерь и длительного хранения плодов и овощей является их сушка. Как правило, высушенные в целом виде или большими частями сельхозпродукты (СХП) содержат 15-18% остаточной влаги. Такое влагосодержание не позволяет длительно хранить продукты. Через некоторое время они начинают плеснет, поражаются микроорганизмами. Высокое содержание воды приводит к тому, что фрукты и овощи легко поражаются фитопатогенными микроорганизмами, и хранение их после сбора урожая является сложной задачей.

Одним из путей длительного хранения СХП является переработка его в порошковидное состояние. В таком состоянии продукты содержат меньше влаги и при герметичной упаковке хранятся годами [1].

Ежегодно в Кыргызстане производится несколько миллионов тонн фруктовой, плодовой и бахчевой СХП. По данным ученых, в условиях Кыргызстана, где отсутствует промышленные хранилища, доля теряемой продукции отдельных видов СХП достигает до 30%.

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

Переработка СХП в порошковидное состояние одновременно решает несколько проблем: снижение потерь урожая, решение проблемы с хранением (не нужно строить дорогостоящие хранилища и поддерживать в них микроклимат с помощью специального оборудования), существенно (в 8-10 раз) уменьшить транспортные расходы, отпадает необходимость охлаждать продукты во время транспортировки и т.д.

В работах описана разработанная нами солнечная сушильная установка (ССУ) для получения порошков сельхозпродуктов [3-5]. Приведены результаты экспериментов по сушке сельхозпродуктов и температурные режимы с целью получения их порошков. Новизна технического решения разработанных ССУ состоит в том, что они позволяют высушить жидковязкие СХП до низкой (3-8%) остаточной влажности даже при низких значениях солнечной радиации благодаря использованию контактирующих с продуктами нагревательных элементов.

Как известно, для испарения 1 кг воды требуется 2450 кДж тепла [6]. При существующих мировых объемах производства порошковых продуктов, составляющих несколько миллионов тонн, для получения такого количества порошков потребуются огромное количество тепла. Разработанная техническая схема получения порошков СХП, при котором сушка осуществляется с помощью экологически чистой и бесплатной солнечной энергии. Обязательным и важным этапом, во многом определяющим эффективность такой схемы является преобразование лучистой энергии солнечной радиации в тепловую энергию и подвод ее к высушиваемому СХП. Предлагаемая нами техническая схема получения порошков СХП с помощью солнечной энергии должна состоять из следующих основных этапов (операций), показанных на Рисунке 1.

Продукты превращаются в жидковязкое состояние и раскладываются в поддоны, которые размещаются в камере сушки (КС) солнечной сушильной установки радиационно-конвективного типа (РКССУ) и начинается процесс их сушки. После достижения необходимой степени сушки (остаточной влажности, не превышающей 3-8%) они вынимаются из КС. При этом теплота к высушиваемым продуктам подводилась тремя способами: 1-радиационным путем (непосредственно солнечной радиацией) и конвекцией; 2-инфракрасным нагревом и конвекцией; 3-контактным подводом теплоты и конвекцией. Эксперименты по сушке жидковязких СХП проводились в ССУ в следующих вариациях:

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

- в) воздушно-солнечная сушка пастеризованного продукта в поддоне с нагревательными элементами, контактирующими с продуктом (П+НЭК);
- г) сушка пастеризованного продукта в ССУ в поддоне (П) без нагревательных элементов;
- д) сушка пастеризованного продукта в ССУ поддоне с нагревательными элементами, (П+НЭ);
- е) сушка пастеризованного продукта в ССУ поддоне с нагревательными элементами, контактирующими с продуктом, (П+НЭК).

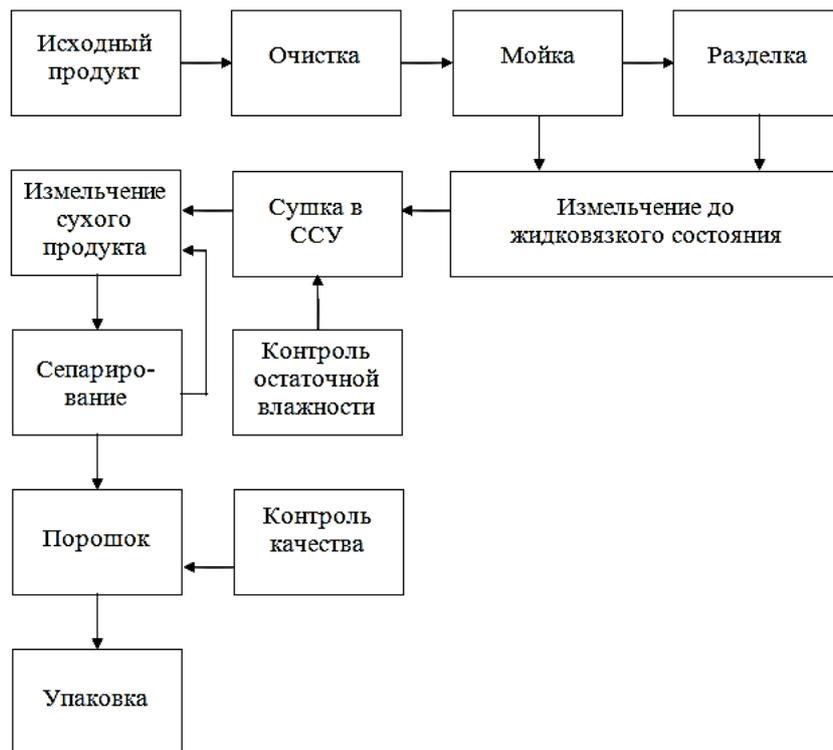


Рисунок 1. Блок-схема технического решения получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии

Исследованы экономические аспекты получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии. Критерием ценности технической схемы получения порошков СХП является в первую очередь качество получаемой продукции, гарантированные сроки хранения и конечно же, экономическая эффективность (ЭЭ). Для этого нами составлена технико-экономическая схема материальных и трудовых затрат при получении порошков СХП по разработанной нами технической схеме (с помощью солнечной энергии), которая приведена на Рисунке 2.

Затраты, обозначенные позициями 1-6 будут одинаковыми как для традиционного, так и для метода получения порошков с помощью солнечной энергии. Главное отличие расходов в рассматриваемых двух случаях составляют затраты, обозначенные в п.7 — затраты на сушку жидковязкого СХП в радиационно-конвективной солнечной сушильной установке (РКССУ).

Затраты на электроэнергию (п. 14) в нашем варианте намного ниже, чем для классических вариантов. В нашем варианте нет оборудования, потребляющего

электроэнергию для производства тепловой энергии, необходимой для сушки или для создания вакуума при вакуумно-сублимационной сушке.

Затраты на расходные материалы (вода, ГСМ и др., п. 15.), также внутризаводские затраты (п.16) будут низкими, чем в сравниваемых традиционных вариантах.

Затраты на зарплату персоналу (п. 17) для нашего случая также будут низкими поскольку обслуживать ССУ будет меньшее количество персонала.

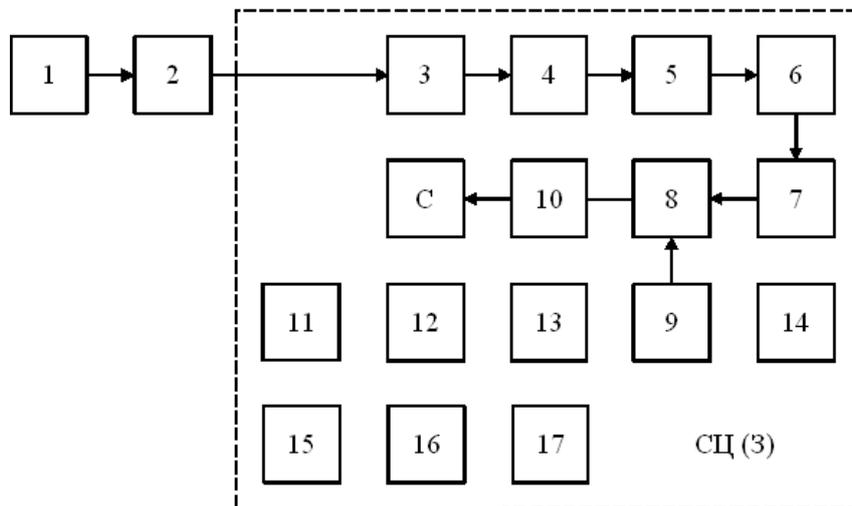


Рисунок 2. Схема основных затрат для получения порошков СХП с помощью солнечной энергии: 1 - затраты на приобретение СХП, 2 - затраты на перевозку СХП к месту производства (цеху, заводу), 3 - затраты на очистку СХП, 4 - затраты на мойку СХП, 5 - затраты на разделку СХП, 6 - затраты на измельчение СХП, 7 - затраты на сушку СХП в ССУ, 8 - затраты на измельчение сухого СХП на порошок, 9-затраты на контроль качества порошка СХП, 10 - упаковку порошка СХП, 11 - внутрицеховые производственные затраты, 12 - капитальные затраты (здания и технологическое оборудование), 13 - затраты на амортизационные расходы оборудования, 14 - затраты на электроэнергию, 15 - затраты на расходные материалы (вода, ГСМ и др.), 16 - внутризаводские затраты, 17 - затраты на зарплату персоналу (включая отчисления в социальный фонд и налоги), СЦ - сушильный цех (завод), С - склад готовой продукции

Поскольку наши РКССУ опытные, лабораторные, то на их стоимостных показателях возможно сделать только приблизительные оценки об экономической эффективности разработанной технической схеме. В этом смысле мы ограничимся лишь оценкой энергозатрат при классическом варианте сушки продуктов и сушкой в наших РКССУ.

Примем следующие допущения, вытекающие из результатов наших экспериментов:

1. В среднем СХП состоят из 90% влаги;
2. Остаточную влажность порошков СХП, полученных на наших РКССУ примем равными 5%. Тогда, с 1 кг влажного (исходного) продукта получаем 105 г порошка с остаточной влажностью 5%;
3. С 1 кг исходного продукта испаряется 895 г влаги.

Для испарения 895 гр. влаги потребуется 2219,6 кДж энергии. Тогда, для получения 1 кг порошка из СХП с исходной влажностью 90% потребуется испарять 8,523 кг влаги. Для этого потребуется 21139,04 кДж или 21,14 МДж тепловой энергии.

Рассмотрим два варианта получения тепловой энергии из двух различных источников: от электрической энергии и от сжигания среднестатического бурого угля Кыргызстана с удельной теплотой сгорания 18 МДж/кг.

Предположим, что КПД калорифера, работающего от электрической энергии равен 75%. Тогда, для получения 21,14 МДж тепловой энергии потребуется 7,34 кВт час электроэнергии.

При цене электрической энергии в 2,1 сома за 1 кВт час, для получения 1 кг порошка СХП потребуется 15,42 сома.

При получении тепловой энергии сжиганием угля (примем КПД теплового генератора, работающего на твердом топливе 50%) для выработки 21,14 МДж тепловой энергии приходится сжигать 2,35 кг угля с теплотой сгорания 18 МДж/кг.

При наблюдающейся средней рыночной цене угля в 5 сом/кг, для этого потребуется 11,75 сом.

Количественную оценку можно производить на основе выражения, разработанной для случая оценки экономической эффективности от внедрения установок на возобновляемых видах энергии, направленной на экономию ресурсов традиционных видов энергии [7]:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{E}_t - \mathcal{E}_r) \Pi \cdot \tau - [(Z_r + A_r L_r) / L_r - (Z_t + A_t L_t) / L_t]$$

где  $\mathcal{E}_t$  и  $\mathcal{E}_r$  — соответственно стоимости энергозатрат на производство единицы продукции (МДж/кг или кВт·час/кг), выработанной на традиционной и разработанной ССУ,  $\Pi$  — средний объём производства продукции в единицу времени (кг/час),  $\tau$  — продолжительность производственного процесса в течение года (час),  $Z_r$  и  $Z_t$  — затраты на изготовление (включая и разработку) традиционной и разработанной установок (сом или доллары США),  $A_r$  и  $A_t$  — соответственно амортизационные расходы на традиционную и разработанную установки (сом/год или доллары США/год),  $L_t$  и  $L_r$  — сроки службы традиционной и разработанной установок (час или год).

Из данных литературных источников продуктов можно сделать вывод, что в среднем для получения 1 кг сухого порошка на вакуумно-сублимационных сушильных установках в среднем расходуется до 5 кВт часов электрической энергии [8].

Поэтому, в силу указанных выше причин, в первом приближении мы оценили экономическую эффективность разработанной технологии и установок  $\mathcal{E}$  как сэкономленные энергоресурсы  $\mathcal{E}_t$  при производстве определенного количества порошков СХП по разработанной технологии и установках выражением:

$$\mathcal{E} \approx \mathcal{E}_t$$

Рассчитанные экономические эффективности классических технологий для вариантов использования электрической энергии ( $\mathcal{E}_э$ ) и угля ( $\mathcal{E}_у$ ) и предлагаемой технической схемы в РКССУ в зависимости от объемов производства ( $\Pi$ ) порошков приведены в Таблице.

Таблица

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

$\Pi$ , тонна	1	5	10	100	1000	10000
$\mathcal{E}_э$ , тыс. сом	15,42	77,10	154,20	1542,00	15420,00	154200,00
$\mathcal{E}_у$ , тыс. сом	11,759	58,795	117,59	1175,90	11759,00	117590,00

Таким образом, при внедрении в практику в промышленном масштабе разработанной технической схемы получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии позволить экономить энергетические ресурсы на миллионы сом, существенно снизить потери урожая при хранении, в определенной степени решит проблему обеспечения продовольственной безопасности страны, проблему занятости населения, позволит повысить

экспортный потенциал страны, улучшит экологическую ситуацию в стране, также транспортные расходы при их перевозке почти в 10 раз.

Кроме этого, использование экологически чистой солнечной энергии позволит существенно сократить выбросы парниковых газов, и в первую очередь CO<sub>2</sub> и улучшить экологическую ситуацию в стране.

Следует отметить, что эти расчеты носят приблизительный характер, поскольку учесть достаточно точно все расходы возможно только при производстве продукции на действующем промышленном оборудовании и на созданной ССУ промышленного типа.

#### Список литературы:

1. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
2. Филоненко Г. К., Гришин М. А., Гольдберг Я. М. Сушка пищевых растительных материалов. М.: Пищевая промышленность, 1971. 300 с.
3. Исманжанов А. И., Ташиев Н. М., Абдырахман уулу К. Разработка солнечной сушильной установки для получения порошков сельхозпродуктов // Известия ОшТУ. 2015. №2. С. 194-197.
4. Исманжанов А. И., Абдырахман уулу К., Ташиев Н. М. Солнечная сушильная установка. Патент Киргизской Республики №1615, МПК6 F 24 J 2/46, F 26 B 17/09.
5. Исманжанов А. И., Ташиев Н. М. Исследование температурного режима сушки жидковязких сельхозпродуктов в солнечной сушильной установке // Вестник Киргизско-Российского Славянского университета. 2018. Т. 18. №8. С. 40-43.
6. Алексеев Г. Н. Общая теплотехника. М.: Высшая школа, 1980. 552 с.
7. Исманжанов А. И., Мурзакулов Н. А., Мирзахалилов Б. Б. Оценка технико-экономических показателей установок на нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии // Известия ОшТУ. 2003. №1. С. 142.
8. Харин В. М., Шишацкий Ю. И., Мальцев Г. П. Кинетика вакуумной сушки и оптимальное управление процессом // Теоретические основы химической технологии. 1996. Т. 30. №3. С. 277-285.

#### References:

1. Lykov, A. V. (1968). Teoriya sushki. Moscow. (in Russian).
2. Filonenko, G. K., Grishin, M. A., & Gol'dberg, Ya. M. (1971). Sushka pishchevykh rastitel'nykh materialov. Moscow. (in Russian).
3. Ismanzhanov, A. I., Tashiev, N. M., & Abdyrakhman uulu, K. (2015). Razrabotka solnechnoi sushil'noi ustanovki dlya polucheniya poroshkov sel'khozproduktov. *Izvestiya OshTU*, (2), 194-197. (in Russian).
4. Ismanzhanov, A. I., Abdyrakhman uulu, K., & Tashiev, N. M. Solnechnaya sushil'naya ustanovka. Patent Kyrgyzskoi Respubliki №1615, МПК6 F 24 J 2/46, F 26 B 17/09.
5. Ismanzhanov, A. I., & Tashiev, N. M. (2018). Issledovanie temperaturnogo rezhima sushki zhidkovyazkikh sel'khozproduktov v solnechnoi sushil'noi ustanovke. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiiskogo Slavyanskogo universiteta*, 18(8), 40-43. (in Russian).
6. Alekseev, G. N. (1980). Obshchaya teplotekhnika. Moscow. (in Russian).
7. Ismanzhanov, A. I., Murzakulov, N. A., & Mirzakhaliyov, B. B. (2003). Otsenka tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelei ustanovok na netraditsionnykh i vozobnovlyaemykh istochnikakh energii. *Izvestiya OshTU*, (1), 142. (in Russian).

8. Kharin, V. M., Shishatskii, Yu. I., & Mal'tsev, G. P. (1996). Kinetika vakuumnoi sushki i optimal'noe upravlenie protsessom. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii*, 30(3), 277-285. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 11.03.2022 г.*

*Принята к публикации  
20.03.2022 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Ташиев Н. М., Бокоев К. А. Техничко-экономические показатели получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. №5. С. 404-410. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/46>

*Cite as (APA):*

Tashiev, N., & Bokoyev, K. (2022). Technical and Economic Indicators of Solar Production of Agricultural Powders. *Bulletin of Science and Practice*, 8(5), 404-410. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/78/46>