

## Установка для сокращения технологического цикла при обработке виноматериалов холодом

Сильвестров А.В.<sup>✉</sup>, Загоруйко В.А., Чаплыгина Н.Б., Мишунова Л.А.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач»  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Ялта, Россия

<sup>✉</sup>asilvestr12@mail.ru

**Аннотация.** Эффективность винодельческого производства в отношении качества получаемой винодельческой продукции, ее высоких потребительских свойств, а также величина сопутствующих производственных затрат во многом зависят от применяемого технологического оборудования. В значительной степени это касается обработки виноматериалов холодом и их выдержки на заключительном этапе производства с целью достижения розливостойкости готовой продукции. Это один из самых энергозатратных технологических процессов. Отечественное машиностроительное производство не выпускает специализированные установки для обработки виноматериалов холодом. Целью данных исследований является разработка исходных требований на установку для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом. Расчетными методами по критериальным уравнениям подобия определены технические параметры, основные показатели назначения и надежности разрабатываемой установки, в том числе путем анализа технологического процесса с учетом условий, необходимых для кристаллизации и седиментации из виноматериала избыточного количества солей винной кислоты, а также коагуляции и седиментации других высокомолекулярных дестабилизирующих веществ.

**Ключевые слова:** виноматериал; обработка холодом; стабильность; установка; изотермический резервуар; конструкция; изоляция; технические параметры.

**Для цитирования:** Сильвестров А.В., Загоруйко В.А., Чаплыгина Н.Б., Мишунова Л.А. Установка для сокращения технологического цикла при обработке виноматериалов холодом // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2025;27(2);148-152. EDN SAZUNR.

O R I G I N A L R E S E A R C H

## Installation for reducing the technological cycle when treating wine materials with cold

Silvestrov A.V.<sup>✉</sup>, Zagorouiko V.A., Chaplygina N.B., Mishunova L.A.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the National Research Centre “Kurchatov Institute”, Yalta, Russia

<sup>✉</sup>asilvestr12@mail.ru

**Abstract.** The efficiency of wine production in terms of quality of the resulting wine products, their high consumer properties, as well as the amount of associated production costs largely depend on the technological equipment used. To a large extent, this is subject to treating wine materials with cold, and their aging at the final stage of production in order to achieve bottling stability of the finished product. This is one of the most energy-intensive technological processes. Domestic machine building does not produce specialized installations for cold treatment of wine materials. The aim of this research is to develop initial requirements for an installation to reduce the technological cycle of treatment wine materials with cold. Technical parameters, main indicators of applicability and reliability of the developed installation are determined by calculation methods according to dimensionless similitude equations, including by analyzing the technological process taking into account the conditions necessary for crystallization and sedimentation of excess quantity of tartaric acid salts from wine materials, as well as coagulation and sedimentation of other high-molecular destabilizing substances.

**Key words:** wine material; treatment with cold; stability; installation; isothermal tank; design; insulation; technical parameters.

**For citation:** Silvestrov A.V., Zagorouiko V.A., Chaplygina N.B., Mishunova L.A. Installation for reducing the technological cycle when treating wine materials with cold. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2025;27(2);148-152. EDN SAZUNR (in Russian).

### Введение

Для получения высококачественной винодельческой продукции, а также возможности эффективно внедрять в производство новые энергосберегающие технологии, необходимо иметь не только высококачественное сырье (виноград), новые расы дрожжей, ферментные препараты и совершенствовать биотехнологические процессы виноделия, но и иметь современное оборудование, которое бы отвечало всем технологическим требованиям относительно экономичности, удобства в обслуживании, надежности в работе, экологичности и возможности полной автоматизации и компьютеризации, что обеспечило бы проведение соответствующих технологических процессов в оптимальных режимах [1, 2].

При выборе оборудования для винодельческой промышленности необходимо внимательно и критически проанализировать те его виды, которые предлагаются разными машиностроительными фирмами, оценить технический уровень, многофункциональность, энергозатратность, конструктивное оформление, определить технологические возможности и особенности эксплуатации, сравнить его соответствие современным тенденциям развития винодельческой промышленности и др. [3, 4].

На обработку виноматериалов холодом с целью придания розливостойкости готовой винодельческой продукции приходится до 60 % энергозатрат винодельческого предприятия [5-10]. Так как обработка виноматериалов холодом является самой дорогостоящей из всех видов технологических обработок, то эта область послужила объектом выполнения многих теоретических и практических работ, на основе которых были созданы новые способы и установки. Это зарубежные дорогостоящие комплекты оборудования для обработки виноматериалов холодом и достижения их розливостойкости, предлагаемые фирмами «Della Toffola S.p.A» Polarsystem, «TMCi Padovan» K-stop, «Pellenc pera Oenoprocess» и др. [3, 4, 11-13]. Они предназначены, как правило, для обработки сухих виноматериалов и не всегда эффективны при обработках отечественных крепленых (ликерных) виноматериалов.

Отечественные машиностроительные предприятия не выпускают специализированные установки для достижения розливостойкости винодельческой продукции. В винодельческом производстве для обработки виноматериалов холодом используют традиционно холодильные камеры и изотермические резервуары, в которых выдерживают виноматериал при минусовой температуре до 10 – 14 сут. и более при круглосуточной работе холодильных машин с целью обеспечения необходимой температуры охлажденного виноматериала и достижения гарантированной розливостойкости винодельческой продукции.

В современных рыночных отношениях большое развитие получили индивидуальные предприятия и фермерские хозяйства с небольшими объемами выпускаемой продукции, поэтому назрела необходимость разработки технологического оборудования малой мощности.

**Целью работы** является разработка исходных требований на установку для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом.

### Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись конструктивные и режимные параметры установки для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом.

Значения технико-технологических параметров установки, обеспечивающих эффективность технологического процесса обработки охлажденных виноматериалов и снижение энергозатрат на данную технологическую операцию, определяли расчетными методами по критериальным уравнениям гидромеханического и теплового подобия.

Экономическая эффективность от внедрения

в винодельческое производство разрабатываемой установки рассчитывалась в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности» № 48/16/13/3.

Исходные требования на установку для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом разрабатывались в соответствии с ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения».

Стабильность виноматериалов, прошедших обработку холодом, определялась методами, общепринятыми и аттестованными в энохимии [10].

Обработка полученных экспериментальных данных проводилась методами математической статистики и теории вероятностей.

### Результаты и их обсуждение

В настоящее время розливостойкость вин достигается обработкой виноматериалов холодом с последующей выдержкой в изотермических резервуарах в холодильных камерах на заключительном этапе производства. Этот процесс длителен во времени: обработка холодом, согласно действующим технологическим инструкциям и технологическим правилам виноделия, составляет 7–10 сут. [8]. В «Нормах технологического проектирования заводов по розливу вин» ВНТП 04-94 обработку холодом рекомендуется производить в течение 4-х сут. На практике для обеспечения гарантированной стабильности виноматериала выдерживают на холоде до 10–14 сут. и более, что требует наличия холодильных камер, круглосуточной работы холодильных машин и обслуживающего персонала.

Технико-экономический анализ производимых ведущими зарубежными машиностроительными фирмами установок для обработки виноматериалов холодом по сокращенному технологическому циклу позволил выбрать в качестве направления разработки техническое решение на базе контактной технологии как менее энергоемкой и наиболее эффективной с точки зрения производственных затрат. Установлено, что расход электроэнергии на обработку 1000 дал виноматериала в случае контактной технологии на 62 % ниже, чем при шоковой технологии и на 35 % ниже, чем при традиционной технологии.

Контактная технология позволяет на 4–6 ч сократить время обработки охлажденных виноматериалов за счет сокращения фазы кристаллообразования при внесении зародышевых кристаллов битартрата калия и проводить обработку при более высокой температуре.

С учетом того, что разрабатываемая установка, исходя из условия производительности 500 дал обработанного холодом виноматериала в сутки,

представляет собой изотермический резервуар, энергоемкость процесса обработки виноматериалов будет зависеть от эффективности ее изоляционного контура. Выбранная нами изоляционная конструкция, установленная из опыта эксплуатации аналогичных конструкций и имеющая низкий процент водопоглощения (1 %), состоит из 150 мм слоя изолонa марки ППЭ-33. Коэффициент теплопередачи данной конструкции, полученный расчетными методами, составляет 0,29 Вт/м<sup>2</sup>·К, тогда как допустимый коэффициент теплопередачи при разности температур виноматериала и окружающей среды 15–20 °С, по справочным данным, составляет до 0,58 Вт/м<sup>2</sup>·К. Поэтому на поверхности установки конденсат не образуется, что снижает теплопритоки через корпус установки. Расчетное повышение температуры охлажденного виноматериала, находящегося на обработке, составит 0,011 °С/ч.

При отсутствии изоляции для компенсации теплопритоков с помощью рубашек охлаждения при круглосуточной работе холодильной машины потребуются дополнительный расход электроэнергии – 1,83 кВт/ч.

Расчетами и технико-технологическими требованиями установлены технические параметры установки (табл. 1).

Эффективность массообменного процесса – роста и выделения кристаллов солей винной кислоты из охлажденного виноматериала также будет зависеть от гидродинамики проводимого процесса. Равномерность и скорость распределения затравочных кристаллов битартрата калия во всем объеме обрабатываемого виноматериала, а также поступление новых порций виноматериала к растущим граням кристаллов битартрата калия будут обеспечены мешалкой-конвектором якорного типа.

От окружной скорости мешалки-конвектора

**Таблица 1. Технические параметры установки**

**Table 1. Technical parameters of the installation**

| Наименование параметров                                              | Значение параметров                     |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Рабочая вместимость, дал                                             | 500                                     |
| Внутренний диаметр, мм                                               | 1700                                    |
| Наружный диаметр с учетом изоляционной конструкции, мм               | 2004                                    |
| Толщина металлической стенки, мм                                     | 2,0                                     |
| Высота цилиндрической части, мм                                      | 2200                                    |
| Конструкционный материал                                             | Сталь нержавеющая AISI 304 или 08X18H10 |
| Габаритные размеры (без запорно-регулирующей арматуры), мм не более: |                                         |
| диаметр                                                              | 2004                                    |
| высота                                                               | 3310                                    |

зависит не только эффективность перемешивания виноматериала, но и расход энергии. Определяющая частота вращения, при которой достигается практически равномерное распределение частиц во всем объеме суспензии, для внутреннего диаметра установки 1700 мм по расчетам составляет 7 об/мин. При этой частоте вращения осевая составляющая скорости потока виноматериала становится больше скорости осаждения кристаллов битартрата калия. Восходящий поток виноматериала удерживает растущие кристаллы битартрата калия во взвешенном состоянии. Необходимая расчетная мощность привода мешалки-конвектора, определенная по критериальной зависимости Эйлера с учетом коэффициентов, учитывающих пусковой момент и наличие гильзы для термометра в установке, составила 0,6 кВт.

На основании проведенных исследований и расчетов разработаны исходные требования на установку для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом. Они включают в себя разделы, определяющие назначение и область применения разрабатываемого изделия, технико-экономическое обоснование, основные параметры и характеристики изделия, условия эксплуатации, требования монтажной технологичности и другие требования в соответствии с ГОСТ 15.301-2016. Основные показатели назначения и надежности установки представлены в табл. 2.

Основные параметры разрабатываемой установки (вместимость, температура виноматериала,

**Таблица 2. Показатели назначения и надежности установки**

**Table 2. Applicability and reliability indicators of the installation**

| Наименование показателей                                              | Значение показателей |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Производительность техническая (по виноматериалу)                     |                      |
| сухому, м <sup>3</sup> после 24 ч обработки, не менее                 | 5,0                  |
| крепленому (ликерному), м <sup>3</sup> после 72 ч обработки, не менее | 5,0                  |
| Температура виноматериала, подаваемого на обработку, °С               |                      |
| сухого, не более                                                      | минус 3,5            |
| крепленного (ликерного), не более                                     | минус 8,0            |
| Повышение температуры виноматериала, °С/сут., не более                | 0,3                  |
| Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>                                    | 3,15                 |
| Частота вращения мешалки, с <sup>-1</sup>                             | 0,12                 |
| Установленная мощность привода, кВт                                   | 0,6                  |
| Масса, кг, не более                                                   | 600                  |
| Установленная безотказная наработка, ч, не менее                      | 400                  |
| Установленный ресурс до капитального ремонта, ч, не менее             | 10000                |

подаваемого на обработку в установку, температурная дисперсия, частота вращения мешалки) выбраны на основании результатов НИР и анализа технологического процесса с учетом условий, необходимых для процессов кристаллизации и седиментации из виноматериала избыточного количества солей винной кислоты, а также коагуляции и седиментации других высокомолекулярных дестабилизирующих веществ.

В качестве базы для сравнения с разрабатываемой установкой взят изотермический резервуар с рубашками охлаждения марки ЕСВ-500 производства ООО МСК «Металлстроймаш» г. Краснодар.

Рассчитанная экономическая эффективность от производства и использования установки для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом, составила 2019595 руб., срок окупаемости – менее года.

### Выводы

В результате исследований выполнено технико-экономическое обоснование разработки установки для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом.

Расчетными методами установлены основные технико-технологические параметры установки для сокращения технологического цикла обработки виноматериалов холодом, положенные в основу исходных требований.

Новая установка позволит сократить технологический цикл получения розливостойких вин в среднем с 5 – 6 сут. до 24 ч для сухих виноматериалов и до 72 ч для крепленых (ликерных), уменьшить энергозатраты предприятия на данную технологическую операцию, минимизировать резервуарный парк технологического оборудования винодельческих предприятий, исключить из производства необходимость наличия холодильных камер и круглосуточной работы холодильных машин, повысить безопасность и общую культуру производства.

### Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNZM-2022-0006

### Financing source

The work was conducted under public assignment No. FNZM-2022-0006.

### Конфликт интересов

Не заявлен.

### Conflict of interests

Not declared.

## Список литературы / References

1. Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б., Мишунова Л.А. Разработка нового отечественного технологического оборудования как основа современных технологий производства винодельческой продукции // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(2):193-196. DOI 10.35547/IM.2022.44.32.015.  
Silvestrov A.V., Chaplygina N.B., Mishunova L.A. Development of new local technological equipment as a basis of modern technologies for wine production. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2022;24(2):193-196. DOI 10.35547/IM.2022.44.32.015 (in Russian).
2. Сильвестров А.В., Загоруйко В.А., Чаплыгина Н.Б., Рыжков В.В. Поиск новых конструктивных решений оборудования для технологических процессов в виноделии // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021;23(1):97-102. DOI 10.35547/IM.2021.53.79.016.  
Silvestrov A.V., Zagorouiko V.A., Chaplygina N.B., Ryzhkov V.V. Search for new engineering design solutions of equipment for technological processes in winemaking. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2021;23(1):97-102. DOI 10.35547/IM.2021.53.79.016 (in Russian).
3. Зайчик Ц.Р. Технологическое оборудование винодельческих предприятий. М: ИНФРА-М. 2016:1-496.  
Zaychik Ts.R. Technological equipment of wineries. M: INFRA-M. 2016:1-496 (in Russian).
4. Шольц-Куликов Е.П. Виноделие по-новому. Симферополь: Таврида. 2009:1-320.  
Sholz-Kulikov E.P. Winemaking in a new way. Simferopol: Tavrida. 2009:1-320 (in Russian).
5. Храпов А.А., Агеева Н.М., Шелудько О.Н., Тихонова А.Н., Чемисова Л.Э., Антоненко М.В. Источники и природа кристаллических помутнений вин // Химия растительного сырья. 2023;2:55-69. DOI 10.14258/jcprm.20230211882.  
Khrapov A.A., Ageeva N.M., Sheludko O.N., Tikhonova A.N., Chemisova L.E., Antonenko M.V. Sources and nature of crystalline turbidity of wines. Khimija Rastitel'nogo Syr'ja. 2023;2:55-69. DOI 10.14258/jcprm.20230211882 (in Russian).
6. Таран Н.Г., Зинченко В.И. Современные технологии стабилизации вин. Кишинев. 2006:1-240.  
Taran N.G., Zinchenko V.I. Modern technologies of wine stabilization. Kishinev. 2006:1-240 (in Russian).
7. Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D. Traité d'oenologie: Chimie du vin – Stabilisation et traitements. Sé ed. Paris: Dunod. 2004;2:656.
8. Сборник технологических инструкций, правил и нормативных материалов по винодельческой промышленности / Под ред. В.А. Загоруйко, А.Я. Яланецкого. Т.1. Симферополь: Таврида. 2014:1-544.  
A collection of technological instructions, rules and regulatory materials on wine industry. Edited by V.A. Zagorouiko, A.Ya. Yalanetsky. Volume I. Simferopol: Tavrida. 2014:1-544 (in Russian).
9. Оганесянц Л.А., Панасюк А.Л., Федоренко Б.Н. Общая технология вина. Санкт-Петербург: Профессия. 2020:1-352.  
Oganesyants L.A., Panasyuk A.L., Fedorenko B.N.

- General wine technology. St. Petersburg: Profession. 2020:1-352 (*in Russian*).
10. Чурсина О.А., Загоруйко В.А. Стабилизация вин: наука и практика: монография. Симферополь: Поли-принт. 2023:1-280.  
Chursina O.A., Zagorouiko V.A. Wine stabilization: science and practice: a monograph. Simferopol: Polyprint. 2023:1-280 (*in Russian*).
11. Pellenc pera œnoprocess. Tartaric stabilization by controlled cold temperature. <https://www.pellenc.com/en-gb/our-products/from-the-vineyard-to-the-winery/winemaking/cooling-process> (date of access 28.04.2025).
12. Della Toffola S.p.A. Polarsystem. <https://www.dellatoffola.it/en/catalogue/winemaking-division/wine-treatment/stabilizing/tartaric-stabilization/Polarsystem> (date of access 28.04.2025).
13. TMCI Padovan. K-stop - Continuous tartaric stabilization plant. [https://www.padovan.com/wpcontent/uploads/2019/03/PADOVAN\\_LD\\_2018\\_03\\_30.pdf](https://www.padovan.com/wpcontent/uploads/2019/03/PADOVAN_LD_2018_03_30.pdf) (date of access 28.04.2025).

---

## Информация об авторах

**Антон Владимирович Сильвестров**, канд. тех. наук, вед. науч. сотр., зав. лабораторией технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-mail: asilvestr12@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7360-5794>;

**Виктор Афанасьевич Загоруйко**, д-р техн. наук, профессор, чл.- корр. НААН, гл. науч. сотр., зав. лабораторией коньяка; e-mail: vikzag51@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1350-7551>;

**Наталья Борисовна Чаплыгина**, науч. сотр. лаборатории технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-mail: 79788411864@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4416-4843>;

**Людмила Алексеевна Мишунова**, мл. науч. сотр. лаборатории технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-mail: mil\_25@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6804-8842>.

## Information about authors

**Anton V. Silvestrov**, Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Head of the Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: asilvestr12@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7360-5794>;

**Victor A. Zagorouiko**, Dr. Techn. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAAS, Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: vikzag51@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1350-7551>;

**Nataliya B. Chaplygina**, Staff Scientist, Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: 79788411864@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4416-4843>;

**Lyudmila A. Mishunova**, Junior Staff Scientist, Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: mil\_25@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6804-8842>.

Статья поступила в редакцию 15.05.2025, одобрена после рецензии 20.05.2025, принята к публикации 20.05.2025.