

АРХИТЕКТУРА. РЕКОНСТРУКЦИЯ. РЕСТАВРАЦИЯ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. ГРАДОРЕГУЛИРОВАНИЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 725.4.012

DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.75-94

Устойчивое развитие современных виноделен: приемы и методы в архитектурном проектировании

Асмик Рубеновна Клочко, Татьяна Вячеславовна Шамаева,
Софья Александровна Добычина

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИИ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Принципы устойчивой архитектуры все чаще признаются в качестве методологического подхода к созданию современной промышленной архитектуры, в частности зданий виноделен. Учет рельефа, озеленение, применение методов пассивного проектирования, использование возобновляемых источников энергии способствуют устойчивости и меняют общепринятый облик зданий виноделен. Цель исследования — выявление архитектурных методов и приемов проектирования экологически устойчивых современных зданий виноделен.

Материалы и методы. Анализируются и выявляются методы и приемы, применяемые при проектировании современных виноделен, построенных с 2015 г., концепция которых была основана на принципах устойчивого развития. Проектные материалы выбранных примеров зданий получены в открытом доступе Интернет. Проведен обзор литературы для уточнения существующих исследований по теме устойчивого развития виноделен в базах данных Scopus, Web of Science, в научной электронной библиотеке eLibrary. При поиске использовались ключевые слова: архитектура виноделен, устойчивое развитие виноделен, устойчивая архитектура виноделен. Проанализированы соответствующие статьи.

Результаты. Рассмотрены проектные решения зданий современных виноделен, концепция которых основана на стремлении к принципам устойчивого развития. Результаты исследований представлены в виде выявления ряда основных архитектурных методов и приемов повышения устойчивости здания винодельни. Даны рекомендации для проектирования зданий виноделен, которые будут полезны практикующим архитекторам, а также в качестве методологического подхода при экспериментальном проектировании подобных зданий для студентов архитектурных вузов.

Выводы. Изучение научных трудов и проектных материалов современных виноделен, их анализ и сравнение позволили выявить ряд методов, приемов и рекомендаций, позволяющих развивать устойчивость архитектуры винодельческих предприятий. Долгосрочная экономия на эксплуатации, которую обеспечивает каждый из выявленных методов, компенсирует первоначальные затраты на более дорогие решения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: винодельня, винодельческий комплекс, архитектура виноделен, устойчивое развитие виноделен, устойчивая архитектура виноделен

Благодарности. Авторы выражают благодарность редакционной коллегии журнала и анонимным рецензентам за уделенное время и оказанное внимание.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Клочко А.Р., Шамаева Т.В., Добычина С.А. Устойчивое развитие современных виноделен: приемы и методы в архитектурном проектировании // Строительство: наука и образование. 2024. Т. 14. Вып. 2. С. 75–94. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.75-94

Автор, ответственный за переписку: Асмик Рубеновна Клочко, KlochkoAR@mgsu.ru.

Sustainable development of modern wineries: techniques and methods in architectural design

Asmik R. Klochko, Tatiana V. Shamaeva, Sofia A. Dobychina

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The principles of sustainable architecture are increasingly being recognized as a methodological approach to modern industrial architecture, particularly winery buildings. Consideration of topography, landscaping, passive design techniques and renewable energy sources contribute to sustainability and change the conventional appearance of winery buildings. The purpose of this paper is to identify architectural methods and techniques for designing sustainable modern winery buildings.

Materials and methods. The paper analyses and identifies the methods and techniques used in the design of modern wineries built since 2015, the concept of which was based on the principles of sustainable development. The design materials of the selected building examples are obtained from the open access Internet. A literature review was conducted to clarify the existing research on the topic of sustainable development of wineries in the databases Scopus, Web of Science, in the scientific electronic eLibrary. The keywords "winery architecture", "sustainable winery development" and "sustainable winery architecture" were used in the search. Relevant papers were analyzed.

Results. Design solutions of modern winery buildings, the concept of which is based on the pursuit of sustainable development principles, are considered. The results of the research are presented in the form of identifying a number of basic architectural methods and techniques for improving the sustainability of a winery building. Recommendations for the design of winery buildings are given, which will be useful for practicing architects, and as a methodological approach in the experimental design of such buildings for students of architectural universities.

Conclusions. The study of scientific papers and design materials of modern wineries, their analysis and comparison allowed us to identify a number of methods, techniques and recommendations to develop the sustainability of winery architecture. Long-term operational savings provided by each of the identified methods compensate for the initial costs of more expensive solutions.

KEYWORDS: winery, winery complex, winery architecture, sustainable wineries, sustainable winery architecture

Acknowledgements. The authors would like to thank the journal's editorial board and anonymous reviewers for their time and attention.

FOR CITATION: Klochko A.R., Shamaeva T.V., Dobychina S.A. Sustainable development of modern wineries: techniques and methods in architectural design. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2024; 14(2):75-94. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2024.2.75-94

Corresponding author: Asmik R. Klochko, KlochkoAR@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В 2015 г. на заседании, касающемся вопросов устойчивого развития на период до 2030 г., членами Организации Объединенных Наций сформулированы и приняты 17 мировых целей устойчивого развития для «мира и процветания для людей и планеты».

Промышленная архитектура, основанная на рациональной, логичной и рентабельной идее строительства зданий, всегда была близка к основной концепции устойчивости. Но сложилось твердое мнение, что промышленные предприятия загрязняют природу и нарушают не только биоразнообразие, но и эстетический облик окружающей среды. Поэтому принципы устойчивой архитектуры все чаще признаются в качестве методологического подхода к созданию современной промышленной архитектуры, в частности зданий виноделен.

С точки зрения современных целей устойчивого развития устойчивость промышленной архитектуры следует рассматривать как: строительство промышленных объектов на основе интеллектуального городского планирования, которое создает безопасные, доступные по цене и жизнестойкие города; поиск инновационных архитектурных решений и технологий (от архитектурной концепции до строительства здания), а также включение идей вторичной переработки и сокращения отходов на этапе строительства и эксплуатации. Промышленная архитектура стремится включить эти задачи в этап концептуального проектирования, возлагая часть

ответственности за экологичность на архитектурные решения. Это привело к появлению проектных решений, которые раздвигают границы типичной промышленной архитектуры, сочетая новые и долгосрочные задачи устойчивого развития с современной эстетикой зданий.

Экологический аспект устойчивости в промышленной архитектуре особенно важен в процессе проектирования современных виноделен.

Винодельня сегодня — это не только место производства винных продуктов, но и место туристического притяжения, включающее торговую и развлекательную функции, а также результат архитектурной фантазии, совмещающий в себе традиционность ремесла и современные тенденции архитектурного проектирования [1–3].

За последние 40 лет здания виноделен стали распространяться по всему миру, предпосылками к чему послужили глобальный рост мирового туризма, повышение конкуренции в сфере создания винных напитков, внедрение новых технологий производства, появление «моды на авторские винодельни» и др.

Строительство виноделен в гармонии с природой, в согласии с концепциями устойчивого развития, стало особенно популярным с начала XXI в., когда винная промышленность вышла на мировой рынок и начал развиваться винный туризм.

Внедрение методов устойчивого развития позволяет в значительной мере снижать показатели потребления электроэнергии, сырья и питьевой

воды, производства отходов, выделения парниковых газов. Движимые желанием защитить природные ресурсы, улучшить отношение общества к производству вина, а также ощутимо сэкономить свои средства, производители винограда всерьез внедряют методы устойчивого развития в архитектурные решения объектов на протяжении последнего десятилетия [4, 5].

Независимо от того, строится ли новое здание винодельни или реконструируется существующее предприятие, методы устойчивой архитектуры винодельни возглавляют список внедряемых практик в современные решения виноделен. Стимулы для владельцев винодельни к бережному отношению окружающей среды столь же социально ответственны, сколь и финансово выгодны.

Необходимость обеспечения экологической устойчивости при проектировании виноделен побудила многих архитекторов создавать уникальные архитектурные решения, объединяющие в себе функциональность, эффективность и минимальное воздействие на окружающую среду, пополнив мировую «копилку» уникальных архитектурных объектов. Сегодня в мире можно встретить предприятия винодельческой промышленности, представляющие собой образцы самобытной архитектуры, что вызывает интерес.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Чтобы объективно описать тенденции развития архитектуры современных виноделен и экологические приемы и методы, применяемые при их проектировании, проанализированы архитектурные решения зданий современных виноделен, включающие зарубежные и отечественные производства, построенные не раньше 2015 г., концепция которых была полностью основана на стремлении к принципам устойчивого развития.

Проектные материалы выбранных примеров зданий находятся в открытом доступе Интернет.

Цель исследования — выявление архитектурных методов и приемов проектирования экологически устойчивых современных зданий виноделен.

Проведен обзор литературы для уточнения современных существующих исследований, касающихся вопросов устойчивого развития в архитектуре современных виноделен. Поиск выполнен в базах данных Scopus и Web of Science, а также в научной электронной библиотеке eLibrary. При поиске использовались ключевые слова: архитектура виноделен, устойчивое развитие виноделен, устойчивая архитектура виноделен. Соответствующие обзорные и исследовательские статьи выбраны для детального анализа. Рассмотренные проекты виноделен отобраны на основе следующих критериев: построены после 2015 г.; концепция разрабо-

тана по принципам устойчивого развития; сертифицированы как экологически устойчивые здания.

Среди проанализированных проектов оказались уникальные здания виноделен, представленные ниже.

Винодельня Veronia, Испания (архитекторы IDOM), 2020 г.

Здание является первым промышленным предприятием по производству вина в Европе, имеющим золотой сертификат LEED в области энергоэффективности и устойчивого дизайна [6]. Производственная зона находится под землей, что позволяет использовать гравитационное падение при производстве вина и естественную температуру почвы для его выдержки. Зона для посетителей располагается на верхнем этаже, интегрирована в окружающую среду благодаря максимальному остеклению с видом на виноградник. Экологическая устойчивость отражается в выборе материалов и технических систем. Здание характеризуется хорошей теплоизоляцией, максимальным применением естественного освещения, фотоэлектрических датчиков, систем пассивной защиты от солнечных лучей, сбора дождевой воды, биомассы и др. (рис. 1).

Винодельня Peralada, Каталония, Испания (архитекторы RCR), 2017 г.

Винодельня (рис. 2) спроектирована в соответствии со стандартами для получения золотого сертификата LEED за экологичность в строительстве. Плавный изогнутый объем здания почти полностью заглублен под землю, историческая часть объекта постройки начала XX в. является общественной гостевой зоной. Часть кровли винодельни озеленена. Здание использует геотермальную энергию, что снижает потребление энергии на отопление и охлаждение воды на треть [6].

Винодельня Carillon d'Angélus в Либуэрне, Франция (архитекторы Architecte DPLG), 2019 г.

Здание винодельни представляет собой баланс между сохранением исторического наследия и внедрением инноваций в связи с необходимостью расширения производственных мощностей старой винодельни (рис. 3). Расположение на территории объекта всемирного наследия ЮНЕСКО накладывало серьезные ограничения на архитектурные решения. Благодаря техническим, экологическим и эстетическим соображениям эта новая винодельня пользуется преимуществами самого современного оборудования.

Винодельческий погреб с 18 перевернутыми чанами усеченной конусообразной формы, подъемной системой и бакоподъемником полностью работает благодаря естественной силе тяжести. Установка, генерирующая азот, обеспечивает защиту вин. Фотоэлектрические панели позволяют самостоятельно вырабатывать часть необходимой электроэнергии [7]. Здание получило сертификат метода экологической оценки зданий BREEAM [8].



Рис. 1. Архитектурные решения винодельни Beronia, Испания (архитекторы IDOM): *a* — часть фасада; *b* — остекление фасада; *c* — экстерьер; *d* — интерьер¹



Рис. 2. Архитектурные решения винодельни Peralada, Каталония, Испания (архитекторы RCR): *a* — вид с птичьего полета; *b* — интерьер производственной зоны; *c* — интерьер хранилища вин; *d* — вид с галерей²

¹ Beronia. URL: beronia.com

² Peralada. URL: perelada.com



Рис. 3. Архитектурные решения винодельни Carillon d'Angélus в Либурне, Франция (архитекторы DPLG): *a* — часть фасада; *b* — интерьер винодельческого погреба; *c* — интерьер производственной части; *d* — экстерьер [7]

Винодельня Cantina Pizzolato в Тревизо, Италия (архитекторы Made Associati), 2017 г.

Винодельня спроектирована в деревенском колорите, соответствующем аутентичной деревенской обстановке (рис. 4). Здесь органично сочетаются как традиционные, так и передовые технологии производства органических вин. Производственные помещения (прием винограда, переработка, ферментация) расположены на первом этаже, на втором этаже находится общественная зона (дегустационный зал). Двойной деревянный фасад работает как солнцезащитная конструкция. Вся кровля покрыта фотоэлектрическими солнечными панелями (более 570), установлен новый органический очиститель воды для повторного использования отфильтрованной воды.

Винодельня Anaia Wines, Годой-Крус, Аргентина (архитектор Japaz Guerra Arquitectos), 2022 г.

Дизайн винодельни вдохновлен окружающим ландшафтом, топографией гор, флорой холмов, текстурой и цветом древних скал (рис. 5). Здание представляет собой прямоугольную призму высотой 11 м, шириной 100 м. Пространственное расположение различных секторов, необходимых для производства вин, линейное (сектор сбора урожая — зал ферментации (в наклоняемых бетонных резервуарах) — зал хранения бочек — зал хранения бутылок — общественная зона).

Интеграция в ландшафт, системы пассивного терморегулирования, системы экономии энергии и водных ресурсов являются значимой частью архитектурной концепции этой винодельни.

Винодельня Гурдау, Чехия (архитектор Алес Фиала), 2020 г.

В двухэтажном здании подземная часть используется для производства, хранения и архивирования вина, в то время как помещения для клиентов открыты солнцу через стеклянный фасад, что позволяет применять пассивную энергию. Для предотвращения перегрева в самые жаркие летние месяцы разработано теплоизоляционное тройное остекление в сочетании с деревянными дубовыми рейками перед окнами, достаточным выступом изогнутой крыши и затенением беседки перед фасадом брезентом. Для отопления используется тепловой насос типа воздух–вода. Дождевая вода собирается в резервуар для хранения и используется для орошения виноградника. Применение таких материалов, как железобетон, стекло, металл, дерево (дуб и акация), является чистым и поддерживает органичную форму здания.

Расположение здания прямо на винограднике на открытой местности сводит к минимуму транспортировку сырья и рабочих внутри винодельни. Но это и выдвинуло высокие требования к архитек-



a



b



c



d

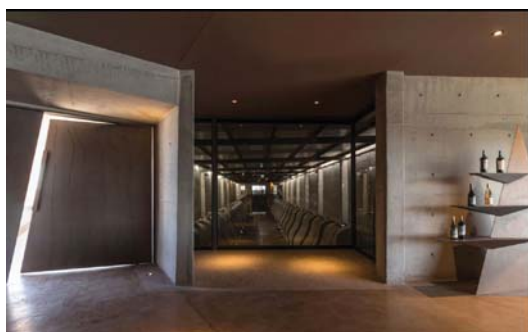
Рис. 4. Архитектурные решения винодельни Cantina Pizzolato в Тревизо, Италия (архитекторы Made Associati): *a* — территория винодельни; *b* — часть фасада; *c* — экстерьер; *d* — интерьер общественной зоны³



a



b



c



d

Рис. 5. Архитектурные решения винодельни Anaia Wines, Годой-Крус, Аргентина (архитектор Japaz Guerra Arquitectos): *a* — экстерьер в вечернее время; *b* — экстерьер в дневное время; *c* — интерьер производственной зоны; *d* — интерьер общественной зоны⁴

³ La Cantina Pizzolato _ New Bio Winery by MADE associate // Moool. URL: https://moool.com/en/la-cantina-pizzolato_-new-bio-winery-made-associati.html

⁴ Anaia Wines Winery / Japaz Guerra Arquitectos. URL: https://www.archdaily.com/1012478/anaia-wines-winery-japaz-guerra-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

турной и ландшафтной интеграции. Форма здания в виде плавного изгиба и озеленение обширной площади кровли создает ощущение холма между холмами, естественного слияния с окружающей средой. Общее влияние и польза интенсивного озеленения как на ландшафт, так и на здание станут очевидны только с годами (рис. 6).

Винодельня Côte Rocheuse, Варваровка, Россия (архитекторы Severin Project), 2020 г.

Расположившаяся на живописных холмах Краснодарского края недалеко от Анапы новая винодельня представляет собой современное винодельческое хозяйство с привлекательным дизайном (рис. 7). Восприятие здания определяется антитезой «прямоугольное против бионического» или «технократическое против естественного». Производство вина основано на принципах гравитационного виноделия, которые определяют архитектурный план винодельни и строгую функциональную схему.

Вся технология заключена в простой прямоугольный объем, интегрированный в склон на участке. Гравитационное виноделие исключает использование механических средств перекачки винограда, резервуары погреба заполняются самотеком, поэтому производственные помещения должны находиться на разных уровнях. В погребе находятся хранилища, дегустационные залы.

Верхний объем своими округлыми очертаниями напоминает пляжную гальку с местного побережья, она ориентирована на общественные зоны — здесь расположены ресторан, кафе и панорамная терраса с доступом на крышу.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Здания виноделен создавались многими именитыми архитекторами современности, такими как Сантьяго Калатрава, Марио Ботте, Френк Гери, Альвар Сиза, Рафаэль Монео, Жак Херцог, Заха Хадид, Пьер Де Мейрон, Стивен Холл, Крис Келли, Жан Нувель, Янис Яниотис, Михаэль Гейс, Александра Де Акоста, Ричард Роджерс и др. Также можно назвать имена архитекторов, чья творческая деятельность в основном связана с винодельнями — Хесус Манзанарес, Филипп Мазьер, Хесус Марий Паскуаль и др.

Экологические принципы проектирования современных виноделен являются предметом исследований большого количества авторов из разных стран, таких как Ф. Шу-Янг [9], А.Б. Гюльтекин и В. Альпарслан [10], П.О. Акадири [11], Дж. Лавлэнд [12] и др.

Результаты исследования показывают, что рассмотренные современные здания виноделен имеют

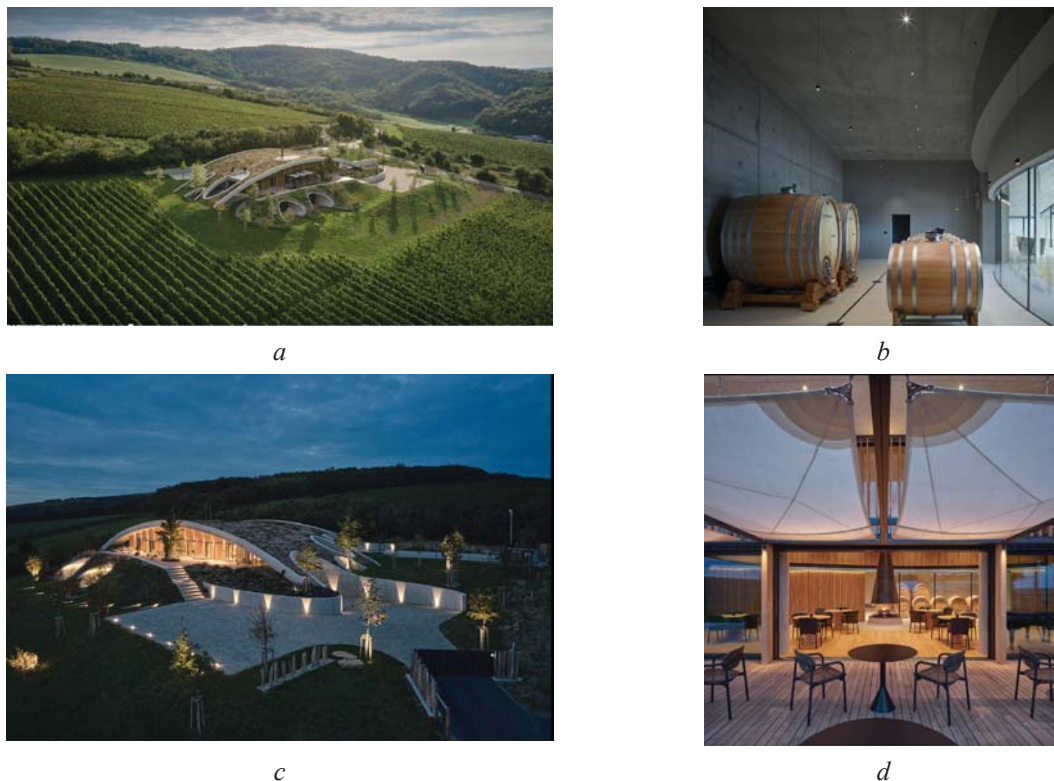


Рис. 6. Архитектурные решения винодельни Гурдау, Чехия (архитектор Алес Фиала): *a* — вид с птичьего полета; *b* — интерьер хранилища вин; *c* — экстерьер в вечернее время; *d* — интерьер общественной зоны⁵

⁵ Gurdau Winery / Ales Fiala. URL: https://www.archdaily.com/1001087/gurdau-winery-ales-fiala?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

много общих характеристик. Располагаясь непосредственно на территории виноградников, они максимально интегрированы в окружающую среду, учитывают и используют рельеф местности, обдуманно размещены с точки зрения ориентации здания. Во всех рассмотренных примерах архитектурные решения позволили в технологии применять гравитационный перепад (расположив технологический процесс сверху вниз) и нейтральную температуру почвы для созревания вина (частично заглубив здание под землю). Озеленение крыши, организация вентилируемой крыши, использование систем затенения дали возможность организовать пассивные методы охлаждения. Все здания предусматривают интегрированную систему переработки отходов, а большинство выбирает применение таких возобновляемых источников энергии, как геотермальная энергия, размещение солнечных фотоэлектрических панелей на крыше, рециркуляцию дождевой воды.

Анализ примеров виноделен, представленных выше, позволяет дать ряд рекомендаций для повышения устойчивости проектируемых зданий виноделен. Учет данных рекомендаций при проектировании повысит характеристики устойчивости здания винодельни.

1. *Перенос производства ближе к виноградникам.*

Градостроительная мера расположения здания на территории виноградника или на отдалении не более 5 км минимизирует необходимость продолжительной транспортировки сырья и рабочих, позволяет избежать ограждения территории, которая необходима при расположении винодельни в сложившейся застройке, формирует более экологичный образ сооружения [13].

2. *Выбор оптимальной формы и ориентации здания.*

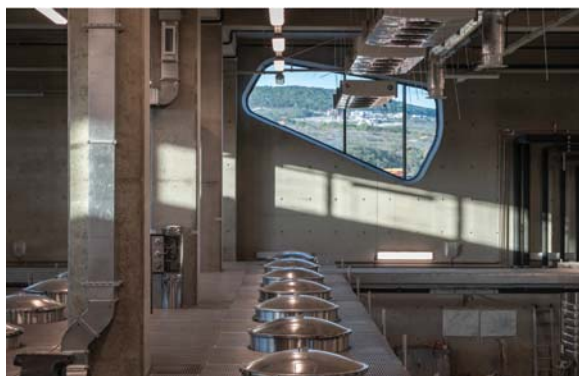
Одна из самых очевидных задач при проектировании современных виноделен — это повышение энергоэффективности здания и минимизация энергопотребления. Основным источником энергии виноделен является электричество (92 %), за которым следуют ископаемые виды топлива — газ и дизельное топливо (9 %) [14]. Некоторые исследования показывают, что винодельни с производством вина более 50 000 гл/год потребляют электроэнергию в объеме 4 кВт·ч/гл, в то время как небольшие винодельни с объемом производства 25 000 гл/год или ниже потребляют электроэнергию в объеме 16 кВт·ч/гл [15].



a



b



c



d

Рис. 7. Архитектурные решения винодельни Côte Rocheuse, Варваровка, Россия (архитекторы Severin Project): *a* — экстерьер; *b* — главный фасад; *c* — интерьер производственных помещений; *d* — боковой фасад⁶

⁶ Cote Rocheuse Winery / Severin Project. URL: <https://www.archdaily.com/952127/cote-rocheuse-winery-severin-project>

Форма здания влияет на эффективность использования энергетических ресурсов; сбережение энергии, поступающей от инженерных сетей; использование благоприятных и нейтрализацию неблагоприятных воздействий окружающей среды. Вытянутая, сглаженная и компактная форма здания без обилия членений и изрезанностей объема — самое удачное решение с точки зрения энергоэффективности. Для повышения энергоэффективности необходимо уменьшать показатель удельного периметра наружных стен м/м^2 (отношение периметра наружных ограждающих конструкций к площади этажа) [16]. Правильная ориентация здания дает возможность в теплый период года уменьшить негативное влияние солнечной радиации и снизить затраты на охлаждение здания, а в холодный период года экономить средства на отопление.

3. Использование подземного пространства.

Чтобы снизить потребление энергии в производственном процессе, архитекторы часто используют методы пассивного охлаждения, размещая части зданий под землей или частично под землей, что позволяет применять преимущества постоянной температуры земли. Размещение винохранилищ там, где их стены могут соприкасаться с землей, чаще всего устраняет необходимость в дополнительном охлаждении. Движение воздуха от фанкойла, охлаждающего надземное помещение для бочек, высушивает бочки и увеличивает испарение вина. Чтобы противостоять этому, многие виноделы дополнительно увлажняют помещения, что может иметь свои негативные последствия (например, грибковое заражение). Подземное помещение для хранения бочек, которое не нуждается в охлаждении, не будет способствовать испарению вина, что экономически выгоднее. Стены, расположенные в контакте с постоянной температурой земли, обеспечивают снижение затрат на отопление и охлаждение.

4. Расположение общественных зон в наземном остекленном объеме.

Максимально допустимая светопрозрачность наружных конструкций общественных зон, установка дополнительных светопрозрачных элементов с двойным остеклением (мансардных окон, высоких потолочных окон, разных типов световых фонарей и других дополнительных источников дневного освещения) таким образом, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на резервуар или бочку в производственных помещениях, позволит увеличить уровень дневного освещения, снизить расходы на электроэнергию, улучшит комфорт рабочей среды персонала и гостей винодельни.

5. Интеграция здания в окружающую среду.

Архитектура современных виноделен должна стремиться к единству с природным окружением, гармонизации объема с окружающим пространством, «раскрытию» здания изнутри на природу, включению элементов природы в интерьер, доступу

к естественному дневному свету, свежему воздуху, зеленым насаждениям, открытым водным пространствам и др. Это улучшает общее состояние персонала и гостей, снижает усталость и чувство стресса, смягчает некоторые негативные последствия искусственной среды на здоровье. Использование допустимых по теплотехническими конструктивным соображениям светопрозрачных элементов, открытых зон, дает разгружающий психологический эффект и интересные архитектурные образы.

При проектировании на сложном рельефе оптимальным решением будет создание террасной структуры винодельни, интегрированной в ландшафт. Террасность способствует минимизации энергопотребления в производственном процессе, интеграции архитектурной композиции в природную среду, созданию уникального архитектурного образа.

6. Увеличение коэффициента затенения.

Уменьшение влияния солнечного света на поверхность здания может заметно снизить нагрузку на систему охлаждения. Полезно применение методов благоустройства территории с посадкой деревьев вдоль южной и западной сторон винодельни, откуда исходит максимальный поток солнечного света. Установка вертикальных настенных решеток для выращивания винограда также позволит затенять стены. Эта концепция может значительно снизить затраты на охлаждение винодельни. Летом помещения, ориентированные на юг, необходимо защищать от перегрева. Для этого используются стационарные или подвижные жалюзи, предусматриваются свесы кровель, либо применяется естественная защита от солнца летом — тень от лиственных деревьев.

7. Наличие технологических отверстий для пассивной системы вентиляции.

Пассивные системы вентиляции работают благодаря разнице давлений внутри и вне здания, создаваемой из-за суточных перепадов атмосферного давления, ветра, перепадов температуры и др. Для работы пассивных (или естественных) систем вентиляции требуется иметь технологические отверстия (обычно это окна, двери, а также особые архитектурные решения, например перфорированные стены; и инженерные решения, например стеновой приточный клапан, оконные вентиляционные клапаны), через которые происходит обмен воздухом. Этот процесс снижает потребность в механической вентиляции и снижает энергопотребление.

8. Продуманный подход к выбору материалов.

Использование тех или иных материалов может оказывать значительное влияние на устойчивость винодельни. Предпочтение в архитектурных решениях как в экстерьере, так и в интерьере, в основном нужно отдавать натуральным материалам. Конструктивные материалы должны быть выбраны таким образом, чтобы они имели минимальное воз-

действие на окружающую среду и были легко поддающимися переработке.

Уменьшения теплопотерь можно добиться с помощью улучшения типа или количества материала теплоизоляции. Тонкостенные конструкции дешевле при строительстве, но в эксплуатации сильно проигрывают зданиям с многослойной изоляцией конструкций.

Применение инновационных материалов (например, кровельной мембраны) также может оказать существенное влияние на характеристики устойчивости здания. Уже разработаны краски для кровель, в состав которых входят пигменты, отражающие инфракрасное излучение. Такая кровля уменьшает количество теплопоглощающего света и создает прохладную крышу даже черного цвета. Холодные крыши снижают затраты на поглощение тепла и охлаждение.

9. Гибкость в проектных решениях.

Заложенная при проектировании здания винодельни возможность модернизации и трансформации части пространства без изменения основных конструктивных элементов, возможность адаптироваться с учетом меняющихся потребностей пользователя, т.е. изменять физические, эстетические или технические характеристики в течение определенного периода жизненного цикла, являются неоспоримым преимуществом в наш быстроразвивающийся век.

10. Адаптация зданий к новому использованию.

Если имеется малейшая возможность реконструкции существующего здания на территории, или возможность дать ей вторую жизнь под другим назначением (например, склад для инвентаря), то этим нужно воспользоваться, это тоже относится к принципам устойчивого развития. Например, компания Hightower Cellars производит вино в реконструированной конюшни. Компания Voxwood разработала генеральный план по поддержанию существующей винодельни в рабочем состоянии, пока рядом с ней строится новая. Новая винодельня будет меньше по размеру, использовать меньше ресурсов и стоить дешевле, поскольку существующее помещение планируется использоваться как склад.

11. Упрощение производства с помощью гравитационных процессов.

Этажность современных виноделен желательно соблюдать в пределах от 2 до 4 этажей для мини-

мизации площади застройки и воздействия на ландшафт. Это также способствует применению более энергоэффективной технологии производства — «гравитационного виноделия», когда сусло под воздействием силы тяжести перемещается по разным уровням самотеком, с минимальным применением механической силы. Схема работы такова: виноград поступает после сбора урожая на верхний уровень, затем после отделения гребня он движется вниз под пресс, далее сок стекает на уровень ниже и так до уровня, где осуществляется розлив и хранение. Применение естественной силы гравитации сводит к минимуму энергетические затраты при производстве вина.

12. Интеграция средств альтернативной энергетики в структуру здания.

Применение средств альтернативной энергетики (энергия ветра, солнца, земли, воды и биомассы) в архитектуре виноделен способствует повышению энергоэффективности зданий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Производство вина становится все более дорогостоящим во многом из-за стремительно растущих энергетических и материальных затрат. Винодельни, которые следуют принципам устойчивого развития, могут приносить большую прибыль благодаря снижению эксплуатационных расходов, оказывать меньшее негативное влияние на среду при строительстве и эксплуатации, увеличивать сроки эксплуатации здания при одновременном улучшении условий труда.

Изучение научных трудов и проектных материалов современных виноделен, их анализ и сравнение позволили выявить ряд методов, приемов и рекомендаций, позволяющих развивать устойчивость архитектуры винодельческих предприятий.

Долгосрочная экономия на эксплуатации, которую обеспечивает каждый из выявленных методов, компенсирует первоначальные затраты на более дорогие решения. Многие из них не добавляют первоначальных затрат.

Побочным преимуществом использования этих принципов устойчивого развития является создание более здоровой рабочей среды, что приводит к повышению производительности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белоножко А.А. Исторические предпосылки и потенциал Севастополя для формирования авторской архитектуры виноделен // Студенческий вестник. 2023. № 24–6 (263). С. 34–38. EDN ASYYEZ.
2. Тимофеев А.В. Принципы формирования архитектуры современных виноделен для условий

Юга России // Архитектура и строительство России. 2015. № 2 (206). С. 28–39. EDN TJKRTF.

3. Жукова И.В., Барсукова Н.И. Многофункциональная среда современных виноделен в контексте развития винного туризма // Запад-Россия-Восток. 2016. № 10. С. 49–52. EDN XIMJOD.

4. Рудакова Л.В. Использование зеленых технологий в архитектуре виноделен // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ : мат. Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 197–199. EDN TCVAOM.
5. Жукова И.В., Барсукова Н.И. Концепция винодельни как уникального ландшафтного объекта // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 1 (139). DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.51. EDN SLGTEN.
6. Stanojevic A., Jevremovic L., Turnsek B., Rančić Đ. Sustainable industrial architecture: ecological design of contemporary wineries // Proceedings of 2nd International Conference of Sustainable Environment and Technologies. 2022.
7. Ломхольт И. New Carillon d'Angélus Cellar in Libourne // e-architect. 2021. URL: <https://www.e-architect.com/france/new-carillon-dangelus-cellar-libourne>
8. Drago G. The architecture of wine, the new carillon D'Angélus cellar // Data Aided Design. 2022. URL: <https://dataaidedesign.com/the-architecture-of-wine-the-new-carillon-dangelus-cellar/>
9. Shu-Yang F., Freedman B., Cote R. Principles and practice of ecological design // Environmental Reviews. 2004. Vol. 12. Issue 2. Pp. 97–112. DOI: 10.1139/a04-005
10. Gultekin A.B., Alparslan B. Ecological building design criteria: a case study in Ankara // Gazi University Journal of Science. 2011. Vol. 24. Issue 3. Pp. 605–616.
11. Akadiri P.O., Chinyio E.A., Olomolaiye P.O. Design of a sustainable building: a conceptual framework for implementing sustainability in the building sector // Buildings. 2012. Vol. 2. Issue 2. Pp. 126–152. DOI: 10.3390/buildings2020126
12. Loveland J. Daylighting and sustainability // Daylighting Lab. 2002.
13. Тимофеев А.В. Архитектура современных виноделен // Архитектура и современные информационные технологии. 2015. № 1 (30). С. 16. EDN TWPYIV.
14. Vela R., Mazarrón F.R., Fuentes-Pila J., Baptista F., Silva L.L., Garcia J.L. Improved energy efficiency in wineries using data from audits // Ciência e Técnica Vitivinícola. 2017. Vol. 32. Issue 1. Pp. 62–71. DOI: 10.1051/ctv/20173201062
15. Malvoni M., Congedo P.M., Laforgia D. Analysis of energy consumption: a case study of an Italian winery // Energy Procedia. 2017. Vol. 126. Pp. 227–233. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.08.144
16. Рубцова М.В., Семенова Э.Е. Учет влияния формы здания на его энергоэффективность // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. № 2 (36). С. 10–15. DOI: 10.52684/2312-3702-2021-36-2-10-15. EDN PJOEAN.

Поступила в редакцию 5 апреля 2024 г.

Принята в доработанном виде 10 апреля 2024 г.

Одобрена для публикации 11 мая 2024 г.

Об авторах: **Асмик Рубеновна Ключко** — кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; KlochkoAR@mgsu.ru;

Татьяна Вячеславовна Шамаева — кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ShamaevaTV@mgsu.ru;

Софья Александровна Добычина — бакалавр кафедры архитектуры; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; Sofushka15@yandex.ru.

Вклад авторов:

Ключко А.Р. — идея, написание статьи, научное редактирование текста.

Шамаева Т.В. — обработка материала.

Добычина С.А. — сбор материала.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INTRODUCTION

In 2015, at a meeting on Sustainable Development 2030, United Nations members formulated and adopted 17 global Sustainable Development Goals for “peace and prosperity for people and planet”.

Industrial architecture, based on the rational, logical and cost-effective idea of building construction, has always been close to the basic concept of sustainability. However, there is a strong opinion that industrial plants pollute nature and disturb not only biodiversity but also the aesthetic appearance of the environment.

Therefore, the principles of sustainable architecture are increasingly recognized as a methodological approach to the design of modern industrial architecture, particularly winery buildings.

From the perspective of modern sustainable development goals, the sustainability of industrial architecture should be seen as: building industrial facilities based on intelligent urban planning that creates safe, affordable and resilient cities; seeking innovative architectural solutions and technologies (from architectural concept to building construction); and incorporating recycling and waste reduction ideas during the construction and operation phases. Industrial architecture endeavours to incorporate these challenges into the conceptual design phase, placing part of the responsibility for sustainability on architectural solutions. This has led to design solutions that push the boundaries of typical industrial architecture, combining new and long-term sustainability objectives with modern building aesthetics.

The environmental aspect of sustainability in industrial architecture is particularly important in the design process of modern wineries.

A winery today is not only a place of production of wine products, but also a place of tourist attraction, including commercial and entertainment functions, as well as the result of architectural imagination, combining the traditionalism of the craft and modern trends in architectural design [1–3].

Over the last 40 years, winery buildings have been spreading all over the world, driven by the global growth of world tourism, increased competition in the creation of wine beverages, the introduction of new production technologies, the emergence of the “fashion for author’s wineries”, etc.

Building wineries in harmony with nature, in harmony with the concepts of sustainable development, has become especially popular since the beginning of the 21st century, when the wine industry entered the world market and wine tourism began to develop.

The implementation of sustainability practices can significantly reduce the consumption of energy, raw materials and drinking water, waste production, and greenhouse gas emissions. Driven by the desire to protect natural resources, to improve public attitudes towards wine production, and to make tangible savings, grape producers have been seriously integrating sustainability into their architectural designs over the past decade [4, 5].

Whether constructing a new winery building or renovating an existing facility, sustainable winery architecture practices top the list of practices being incorporated into modern winery solutions. Incentives for winery owners to be environmentally responsible is as socially responsible as it is financially rewarding.

The need to ensure environmental sustainability in the design of wineries has prompted many architects to create unique architectural solutions that combine functionality, efficiency and minimal environmental impact,

adding to the world’s “piggy bank” of unique architectural objects. Today, it is possible to find wineries in the world that are examples of original architecture, which is a source of interest.

MATERIALS AND METHODS

In order to describe objectively the trends in the development of architecture of modern wineries and the environmental techniques and methods used in their design, we analyzed the architectural solutions of buildings of modern wineries, including foreign and domestic productions, built not earlier than 2015, the concept of which was based entirely on the pursuit of sustainable development principles.

The design materials of the selected example buildings are publicly available on the Internet.

The aim of the study is to identify architectural methods and techniques for the design of sustainable modern winery buildings.

A literature review was conducted to clarify the current existing research on sustainability issues in the architecture of modern wineries. The search was carried out in the Scopus and Web of Science databases, as well as in the scientific electronic eLibrary. The keywords used in the search: winery architecture, sustainable winery development, sustainable winery architecture. Relevant review and research papers were selected for detailed analysis. The reviewed winery projects are selected based on the following criteria: built after 2015; conceptualized according to sustainable development principles; certified as sustainable buildings.

Among the projects analyzed were the unique winery buildings shown below.

Beronia Winery, Spain (IDOM architects), 2020.

The building is the first industrial wine production facility in Europe to be LEED Gold certified for energy efficiency and sustainable design [6]. The production area is underground, allowing the use of gravity fall for wine production and the natural temperature of the soil for aging. The visitor area is located on the top floor, integrated into the environment by maximizing glazing overlooking the vineyard. Environmental sustainability is reflected in the choice of materials and technical systems. The building is characterized by good thermal insulation, maximum use of natural light, photovoltaic sensors, passive solar protection systems, rainwater harvesting, biomass, etc. (Fig. 1).

Peralada Winery, Catalonia, Spain (RCR Architects), 2017.

The winery (Fig. 2) was designed in accordance with the standards for LEED Gold certification for sustainable construction. The smoothly curved volume of the building is almost completely buried underground, and the historic part of the site built in the early twentieth century is a public guest area. Part of the winery’s roof is landscaped. The building uses geothermal energy, which reduces energy consumption for heating and cooling water by one third [6].



Fig. 1. Architectural solutions of Beronia winery, Spain (IDOM architects): *a* — part of the facade; *b* — facade glazing; *c* — exterior; *d* — interior¹

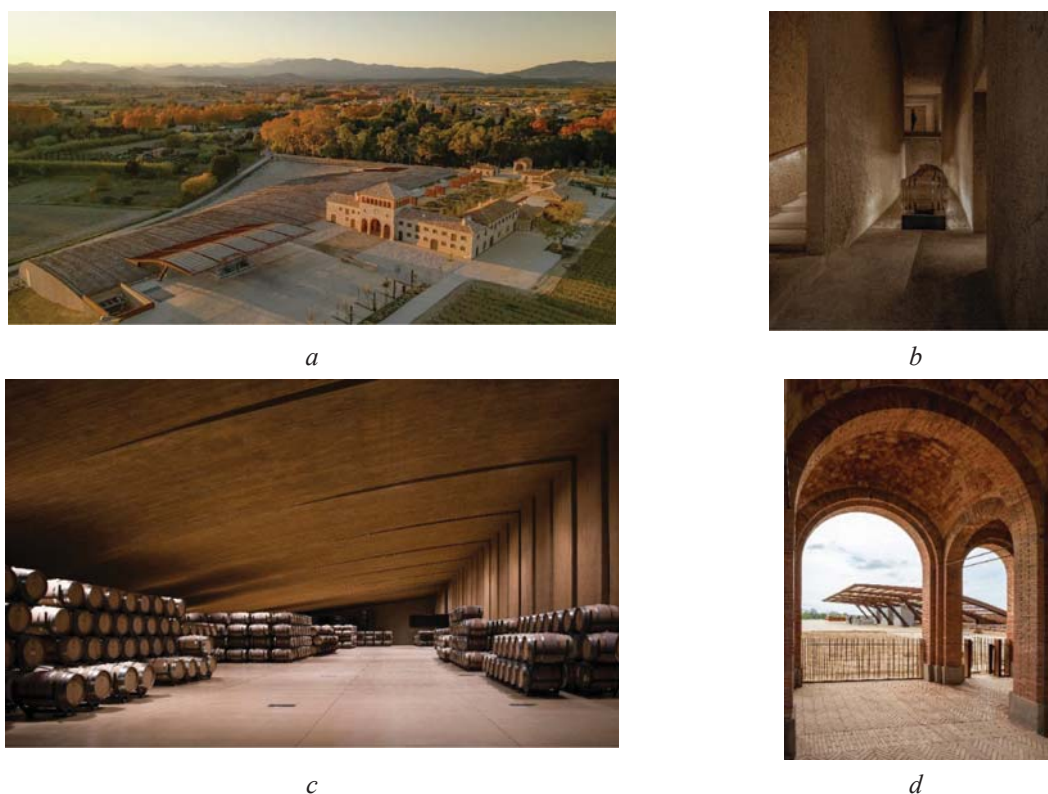


Fig. 2. Architectural solutions of Peralada winery, Catalonia, Spain (RCR architects): *a* — bird's eye view; *b* — interior of the production area; *c* — interior of the wine storage; *d* — view from the gallery²

¹ Beronia. URL: beronia.com

² Peralada. URL: perelada.com

Carillon d'Angélus winery in Libourne, France (Architecte DPLG), 2019.

The winery building represents a balance between preserving the historical heritage and introducing innovations due to the need to expand the production capacity of the old winery (Fig. 3). The location within a UNESCO World Heritage Site imposed serious constraints on architectural solutions. Thanks to technical, environmental and aesthetic considerations, this new winery benefits from state-of-the-art equipment.

The wine cellar with its 18 inverted cone-shaped vats, lifting system and tank lift is fully operational thanks to natural gravity. A nitrogen-generating unit ensures the protection of the wines. Photovoltaic panels allow self-generation of part of the required electricity [7]. The building has been certified by the BREEAM environmental assessment method for buildings [8].

Cantina Pizzolato winery in Treviso, Italy (architects Made Associati), 2017.

The winery is designed in a rustic colour, in keeping with the authentic countryside setting (Fig. 4). It organically combines both traditional and advanced technologies of organic wine production. The production facilities (grape reception, processing, fermentation) are located on the ground floor, with the public area (tasting room) on the ground floor. The double wooden facade works as a sun protection structure. The whole roof is covered with photovoltaic solar panels (more

than 570) and a new organic water purifier has been installed to reuse the filtered water.

Anaia Wines winery, Godoy Cruz, Argentina (architect Japaz Guerra Arquitectos), 2022.

The design of the winery is inspired by the surrounding landscape, the topography of the mountains, the flora of the hills, the texture and colour of the ancient rocks (Fig. 5). The building is a rectangular prism with a height of 11 metres and a width of 100 metres. The spatial arrangement of the different sectors required for wine production is linear (harvesting sector — fermentation hall (in tilting concrete tanks) — barrel storage hall — bottle storage hall — public area).

Integration into the landscape, passive thermal management systems, energy and water saving systems are a significant part of the architectural concept of this winery.

Gurdau Winery, Czech Republic (architect Ales Fiala), 2020.

In the two-storey building, the underground part is used for wine production, storage and archiving, while the customer areas are exposed to the sun through the glass facade, allowing passive energy to be utilized. Insulated triple glazing has been designed to prevent overheating during the hottest summer months, combined with wooden oak slats in front of the windows, ample overhang of the curved roof and shading of the pergola in front of the façade with a tarpaulin.



a



b



c



d

Fig. 3. Architectural solutions of the Carillon d'Angélus winery in Libourne, France (architects DPLG): a — part of the facade; b — interior of the winery cellar; c — interior of the production part; d — exterior [7]



Fig. 4. Architectural solutions of the Cantina Pizzolato winery in Treviso, Italy (architects Made Associati):
a — winery territory; *b* — part of the facade; *c* — exterior; *d* — interior of the public area³



Fig. 5. Architectural solutions of the Anaia Wines winery, Godoy Cruz, Argentina (architect Japaz Guerra Arquitectos):
a — exterior in the evening; *b* — exterior in the daytime; *c* — interior of the production area; *d* — interior of the public area⁴

³ La Cantina Pizzolato _ New Bio Winery by MADE associate // Moooool. URL: https://moooool.com/en/la-cantina-pizzolato_-new-bio-winery-made-associati.html

⁴ Anaia Wines Winery / Japaz Guerra Arquitectos. URL: https://www.archdaily.com/1012478/anaia-wines-winery-japaz-guerra-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

An air-to-water heat pump is used for heating. Rainwater is collected in a storage tank and used to irrigate the vineyard. The use of materials such as reinforced concrete, glass, metal, wood (oak and acacia) is clean and maintains the organic form of the building.

Locating the building directly in the vineyard in open countryside minimizes the transport of raw materials and workers within the winery. However, this also placed high demands on the architectural and landscape integration. The building shape in the form of a gentle curve and the landscaping of the extensive roof area creates the feeling of a hill between hills, a natural fusion with the environment. The overall impact and benefits of intensive landscaping on both the landscape and the building will only become apparent over the years (Fig. 6).

Côte Rochouse Winery, Varvarovka, Russia (Severin Project architects), 2020.

Located in the picturesque hills of the Krasnodar region near Anapa, the new winery is a modern winery with an attractive design (Fig. 7). The perception of the building is defined by the antithesis of “rectangular versus bionic” or “technocratic versus natural”. Wine production is based on the principles of gravity-fed winemaking, which define the winery’s architectural plan and strict functional layout.

The entire technology is contained in a simple rectangular volume integrated into the slope on the site.

Gravity winemaking eliminates the use of mechanical means of pumping grapes, the cellar tanks are filled by gravity, so the production rooms must be on different levels. The cellar contains storage and tasting rooms.

The upper volume, with its rounded shape reminiscent of beach pebbles from the local coast, is orientated towards the public areas — it houses the restaurant, café and panoramic terrace with access to the roof.

RESULTS

Winery buildings have been designed by many of today’s most renowned architects, such as Santiago Calatrava, Mario Botte, Frank Gehry, Alvar Siza, Raphael Moneo, Jacques Herzog, Zaha Hadid, Pierre De Meyron, Steven Holl, Chris Kelly, Jean Nouvel, Yannis Yaniotis, Michael Geis, Alexandra De Acosta, Richard Rogers and others. We can also mention the names of architects whose creative work is mainly linked to wineries — Jesús Manzanares, Filipe Mazière, Jesús María Pascual and others.

The ecological design principles of modern wineries are the subject of research by a large number of authors from different countries such as F. Shu-Yang [9], A.B. Gültekin and V. Alparslan [10], P.O. Akadiri [11], J. Loveland [12] and others.

The results of the study show that the modern winery buildings considered share many common charac-



Fig. 6. Architectural solutions of Gurdau winery, Czech Republic (architect Ales Fiala): a — bird’s eye view; b — Interior of wine storage; c — exterior in the evening; d — interior of public area⁵

⁵ Gurdau Winery / Ales Fiala. URL: https://www.archdaily.com/1001087/gurdau-winery-ales-fiala?ad_source=search&ad_medium=projects_tab

teristics. Located directly in the vineyard area, they are maximally integrated into the environment, take into account and utilize the terrain, and are thoughtfully placed in terms of building orientation. In all of these examples, the architectural solutions allowed the technology to utilize gravity drop (by placing the process from top to bottom) and neutral soil temperature for wine maturation (by partially burying the building underground). Roof landscaping, the organization of a ventilated roof, and the use of shading systems made it possible to organize passive cooling methods. All buildings include an integrated waste management system, and most choose to use renewable energy sources such as geothermal energy, solar photovoltaic panels on the roof, and rainwater recycling.

By analyzing the examples of wineries presented above, a number of recommendations can be made to improve the stability of designed winery buildings. Considering these recommendations in the design will increase the stability characteristics of the winery building.

1. Moving production closer to the vineyards.

The urban planning measure of locating the building in the vineyard or at a distance of no more than 5 km minimizes the need for long transport of raw materials and workers, avoids the fencing of the territory, which is necessary when the winery is located in an es-

tablished building, forms a more ecological image of the building [13].

2. Selecting the optimal shape and orientation of the building.

One of the most obvious challenges in the design of modern wineries is to improve the energy efficiency of the building and minimize energy consumption. The main energy source of wineries is electricity (92 %), followed by fossil fuels such as gas and diesel (9 %) [14]. Some studies show that wineries with wine production of more than 50,000 hl/year consume electricity at a rate of 4 kW·h/gl, while small wineries with production of 25,000 hl/year or less consume electricity at a rate of 16 kW·h/gl [15].

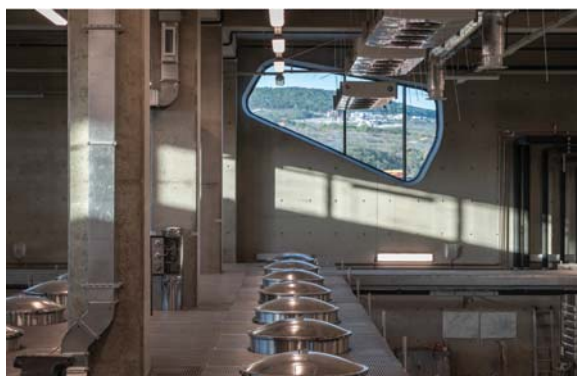
The shape of a building influences the efficiency of energy resources use; energy savings from utilities; use of favourable and neutralization of unfavourable environmental influences. An elongated, smoothed and compact building form without many volume cut-outs is the best solution from the point of view of energy efficiency. To increase energy efficiency, it is necessary to reduce the specific perimeter of external walls m/m² (ratio of the perimeter of external enclosing structures to the floor area) [16]. Proper orientation of the building makes it possible to reduce the negative impact of solar radiation in the warm period of the year and reduce



a



b



c



d

Fig. 7. Architectural solutions of Côte Rocheuse winery, Varvarovka, Russia (Severin Project architects): a — exterior; b — main facade; c — interior of production facilities; d — side facade⁶

⁶ Cote Rocheuse Winery / Severin Project. URL: <https://www.archdaily.com/952127/cote-rocheuse-winery-severin-project>

the cost of cooling the building, and in the cold period of the year to save money for heating.

3. *Utilisation of underground space.*

To reduce energy consumption in the production process, architects often use passive cooling techniques by placing parts of buildings underground or partially underground to take advantage of the constant temperature of the ground. Placing wine storage facilities where their walls can be in contact with the ground most often eliminates the need for additional cooling. Air movement from a fan coil cooling an above-ground barrel room dries out the barrels and increases wine evaporation. To counteract this, many winemakers additionally humidify the room, which can have its own negative consequences (e.g. fungal contamination). An underground barrel storage room that does not need to be cooled will not contribute to wine evaporation, which is more cost-effective. Walls in contact with the constant temperature of the ground provide reduced heating and cooling costs.

4. *Arrangement of public areas in a ground glazed volume.*

Maximum permissible translucency of external structures of public areas, installation of additional translucent elements with double glazing (skylights, high ceiling windows, different types of skylights and other additional sources of daylighting) in such a way that direct sunlight does not reach the tank or barrel in the production areas, will increase the level of daylighting, reduce energy costs, improve the comfort of the working environment of the staff and guests of the winery.

5. *Integration of the building into the surrounding environment.*

The architecture of modern wineries should strive for unity with the natural environment, harmonization of the volume with the surrounding space, “opening” the building from the inside to nature, inclusion of elements of nature in the interior, access to natural daylight, fresh air, green spaces, open water spaces, etc. This improves the general condition of the staff and guests, reduces fatigue and stress, and mitigates some of the negative effects of the artificial environment on health. The use of translucent elements and open areas, which are permissible due to thermal and technical design considerations, gives a relieving psychological effect and interesting architectural images.

When designing on a difficult terrain, the optimal solution is to create a terraced structure of the winery integrated into the landscape. Terracing helps to minimize energy consumption in the production process, integrate the architectural composition into the natural environment, and create a unique architectural image.

6. *Shading factor increase.*

Reducing the effect of sunlight on the building surface can significantly reduce the load on the cooling system. Landscaping techniques can be useful by planting trees along the south and west sides of the winery,

where the maximum sunlight comes from. Installing vertical wall grilles for growing grapes will also allow for shading walls. This concept can significantly reduce winery cooling costs. In summer, south-facing rooms need to be protected from overheating. For this purpose, fixed or movable louvres are used, roof overhangs are provided, or natural protection from the summer sun — shade from deciduous trees — is used.

7. *The presence of technological openings for a passive ventilation system.*

Passive ventilation systems operate due to the difference in pressure inside and outside the building, created by daily fluctuations in atmospheric pressure, wind, temperature changes, etc. Passive (or natural) ventilation systems require technological openings (usually windows, doors, as well as special architectural solutions, such as perforated walls; and engineering solutions, such as a wall supply valve, window ventilation valves) through which air exchange occurs. This process reduces the need for mechanical ventilation and reduces energy consumption.

8. *A thoughtful approach to material selection.*

The use of certain materials can have a significant impact on the sustainability of a winery. Preference in architectural solutions, both exterior and interior, should be given to natural materials. Structural materials should be chosen so that they have minimal environmental impact and are easily recyclable.

Reducing heat loss can be achieved by improving the type or amount of insulation material. Thin-walled structures are cheaper to construct, but in operation they lose heavily to buildings with multi-layer structural insulation.

The use of innovative materials (e.g. roofing membrane) can also have a significant impact on the sustainability performance of a building. Roofing paints that contain pigments that reflect infrared radiation have already been developed. Such roofing reduces the amount of heat-absorbing light and creates a cool roof even in black. Cool roofs reduce heat absorption and cooling costs.

9. *Flexibility in design solutions.*

The possibility of modernizing and transforming part of the space without changing the basic structural elements, the ability to adapt to the changing needs of the user, i.e. to change physical, aesthetic or technical characteristics during a certain period of the life cycle, is an undeniable advantage in our rapidly developing age.

10. *Adaptation of buildings to new use.*

If there is the slightest opportunity to renovate an existing building on the site, or to give it a second life under a different use (e.g. storage for equipment), then this should be taken advantage of, this is also part of the principles of sustainable development. For example, Hightower Cellars produces wine in a renovated stable block. Boxwood has developed a master plan to maintain the existing winery while a new winery is built next to it. The new winery will be smaller, use fewer

resources and cost less because the existing facility is planned to be used as a warehouse.

11. Simplifying production through gravity processes.

Modern wineries should preferably be between two and four storeys in height to minimize building area and landscape impact. This also favours the use of a more energy-efficient production technology — “gravity winemaking”, where the must moves through the different levels by gravity, with minimal use of mechanical force. The scheme of work is as follows: the grapes arrive after harvesting on the upper level, then after separation of the crest it moves down under the press, then the juice flows down to the level below and so to the level where bottling and storage are carried out. The use of natural gravity minimizes the energy costs of wine production.

12. Integration of alternative energy facilities into the building structure.

The use of alternative energy means (wind, solar, earth, water and biomass) in winery architecture contributes to the energy efficiency of buildings.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Wine production is becoming increasingly expensive, largely due to rapidly rising energy and material costs. Wineries that follow the principles of sustainable development can generate higher profits by reducing operating costs, have less negative impact on the environment during construction and operation, and extend the life of the building while improving working conditions.

The study of scientific works and design materials of modern wineries, their analysis and comparison allowed to identify a number of methods, techniques and recommendations that allow to develop the sustainability of the architecture of wineries.

The long-term operational savings provided by each of the identified methods offset the initial costs of more expensive solutions. Many do not add to the initial costs.

A side benefit of using these sustainability principles is the creation of a healthier work environment, which leads to increased productivity.

REFERENCES

1. Belonozhko A. Historical background and potential of Sevastopol for the formation of the author's architecture of wineries. *Student Bulletin*. 2023; 24-6(263):34-38. EDN ASYYEZ. (rus.).
2. Timofeev A.V. Principles of formation of modern architecture wineries to the south of Russia. *Architecture and Construction of Russia*. 2015; 2(206):28-39. EDN TJKRTF. (rus.).
3. Zhukova I.V., Barsukova N.I. Multifunctional environment of modern wineries in the context of wine tourism development. *West-Russia-East*. 2016; 10:49-52. EDN XIMJOD. (rus.).
4. Rudakova L.V. The use of green technologies in the architecture of wineries. Science, education and experimental design. *Proceedings of MARCHI : materials of the international scientific and practical conference*. 2019; 197-199. EDN TCVAOM. (rus.).
5. Zhukova I.V., Barsukova N.I. Concept of the winery as a unique landscape object. *International Research Journal*. 2024; 1(139). DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.51. EDN SLGTEN. (rus.).
6. Stanojevic A., Jevremovic L., Turnsek B., Rančić Đ. Sustainable industrial architecture: ecological design of contemporary wineries. *Proceedings of 2nd International Conference of Sustainable Environment and Technologies*. 2022
7. *New Carillon d'Angélus Cellar in Libourne*. 2021. URL: <https://www.e-architect.com/france/new-carillon-dangelus-cellar-libourne>
8. Drago G. The architecture of wine, the new carillon D'Angélus cellar. *Data Aided Design*. 2022. URL: <https://dataaidedesign.com/the-architecture-of-wine-the-new-carillon-dangelus-cellar/>
9. Shu-Yang F., Freedman B., Cote R. Principles and practice of ecological design. *Environmental Reviews*. 2004; 12(2):97-112. DOI: 10.1139/a04-005
10. Gultekin A.B., Alparslan B. Ecological building design criteria: A case study in Ankara. *Gazi University Journal of Science*. 2011; 24(3):605-616.
11. Akadiri P.O., Chinyio E.A., Olomolaiye P.O. Design of a sustainable building: A conceptual framework for implementing sustainability in the building sector. *Buildings*. 2012; 2(2):126-152. DOI: 10.3390/buildings2020126
12. Loveland J. Daylighting and sustainability. *Daylighting Lab*. 2002.
13. Timofeev A.V. Architecture of modern wineries. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2015; 1(30):16. EDN TWPYIV. (rus.).
14. Vela R., Mazarrón F.R., Fuentes-Pila J., Baptista F., Silva L.L., Garcia J.L. Improved energy efficiency in wineries using data from audits. *Ciência e Técnica Vitivinícola*. 2017; 32(1):62-71. DOI: 10.1051/ctv/20173201062
15. Malvoni M., Congedo P.M., Laforgia D. Analysis of energy consumption: a case study of an Ital-

ian winery. *Energy Procedia*. 2017; 126:227-233. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.08.144

16. Rubtsova M.V., Semenova E.E. Accounting for the influence of the building shape on its

energy efficiency. *Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea*. 2021; 2(36):10-15.

DOI: 10.52684/2312-3702-2021-36-2-10-15. EDN PJOEAN. (rus.).

Received April 5, 2024.

Adopted in revised form on April 10, 2024.

Approved for publication on May 11, 2024.

B I O N O T E S: **Asmik R. Klochko** — Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; KlochkoAR@mgsu.ru;

Tatiana V. Shamaeva — Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ShamaevaTV@mgsu.ru;

Sofia A. Dobychina — bachelor's student of the Department of Architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Sofushka15@yandex.ru.

Contribution of the authors:

Asmik R. Klochko — idea, writing the article, scientific editing of the text.

Tatiana V. Shamaeva — material processing.

Sofia A. Dobychina — material collection.

The authors declare that there is no conflict of interest.