УДК 725:621.548 DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.36-42

Интегрированные типы промышленных зданий с использованием ветроэнергетических установок

Александр Иванович ФИНОГЕНОВ, кандидат архитектуры, доцент, e-mail: finogenov45@mail.ru

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. *Рассмотрена актуальная проблема расширения применения альтернативных источников возобновляемой энергии при строительстве и реконструкции промышленных объектов. В качестве основной концепции энергосбережения предложено использование энергетического потенциала приземных воздушных ветровых потоков с одновременным формированием ветроактивного типа профиля производственного здания. Методика интеграции ветроэнергетических установок в структуру многопролетного здания проиллюстрирована на примерах производственных объектов, предназначенных для строительства и реконструкции. В работе показаны принципиальные проектные решения, обеспечивающие эффективное размещение в единой схеме несущего каркаса комплекса дополнительной ветровой электростанции с применением ветровых турбин. Рекомендуемые решения основаны на использовании современных патентных разработок. Особенностью компоновки ветровых турбоагрегатов является их конструктивное исполнение в виде многорядных однотипных секций, устанавливаемых в верхних габаритах пролетов производственного здания. Результаты исследований показывают возможность нового подхода к созданию энергоэффективных типов производственных зданий различного назначения. Обоснована перспективность проведения дальнейших комплексных исследований в области методики проектирования и строительства энергоэффективных типов промышленных зданий.*

Ключевые слова: *возобновляемые источники энергии, ветровые электростанции, интегрированный тип производственного здания, технологическая схема, конструкции несущего каркаса, секционные ветровые турбины, ветроактивный профиль.*

INTEGRATED TYPES OF INDUSTRIAL BUILDINGS USING WIND POWER PLANTS

Alexander I. FINOGENOV, e-mail: finogenov45@mail.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. *The actual problem of expanding the scope of application of alternative sources of renewable energy, when constructing and reconstructing industrial objects, is considered. As the main concept of energy saving, the use of the energy potential of surface air wind flows with the simultaneous formation of a wind-active type profile of an industrial building is proposed. The method of integrating wind power plants into the structure of a multi-span building is illustrated by examples of production facilities intended for construction and reconstruction. The paper shows the basic design solutions that ensure the effective placement of an additional wind power plant using wind turbines in a single scheme of the supporting frame of the complex. The recommended solutions are based on the use of modern patent developments of domestic technologists. A feature of the layout of wind turbine units is their design in the form of multi-row sections of the same type, installed in the upper dimensions of the spans of the production building. The research results show the possibility of a new approach to the creation of energy-efficient types of industrial buildings for various purposes. The prospects of conducting further comprehensive research in the field of methods of designing and constructing energy-efficient types of industrial buildings are substantiated.*

Key words: *renewable energy sources, wind power plants, integrated type of industrial building, technological scheme, load-bearing frame structures, sectional wind turbines, wind-active profile.*

Введение

Развитие мировой экономики объективно сопровождается общим ростом энергопотребления с интенсивным использованием ископаемых невозобновляемых природных ресурсов: нефти, природного газа, каменного угля. Неминуемыми последствиями применения таких энергоносителей в промышленности и энергетике являются гигантские объемы выделяемых в земную атмосферу газов и токсичных химических соединений, что приводит к ухудшению состояния планетарного климата и биосферы [1]. Необходимость совершенствования глобальной энергетической политики в последние годы во многом определяет совместные усилия стран мирового сообщества. Одним из важных рубежей в этом направлении явилась состоявшаяся в 2015 г. Парижская конференция ООН по климату. Основным итогом этой конференции стало принятие всестороннего Соглашения по проблеме всемерного сокращения аб-

© ФИНОГЕНОВ А. И., 2022

солютных количественных выбросов в земную атмосферу, предотвращения ее глобального разогрева, активного использования новых энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии (ВИЭ)*.

По прогнозам специалистов, мировой спрос на электроэнергию к 2040 г. увеличится на 59 %. В то же время доля органического топлива в мировом производстве электроэнергии (прежде всего угля и нефти) сократится с 83 до 77 %. Снижение доли ископаемых источников энергии произойдет за счет активного использования ВИЭ: ветровых и солнечных электростанций, ГЭС и атомных станций. На долю «зеленых энергоисточников» к 2040 г. придется до 60 % общего прироста производства электроэнергии [2].

Комплексная оценка перспективности ВИЭ показывает эффективность ветровых энергоисточников, что обусловлено возможностью их круглогодичного использования и наличием метеорологически благоприятных территорий. Эти факторы стали определяющими в развитии возобновляемой ветровой энергетики в странах Восточной Азии, таких как Китай, Япония, Корея, Тайвань и Монголия. Мировое лидерство по использованию ветровых энергоустановок (ВЭУ) в настоящее время приходится на Китай, где количество действующих и строящихся ветропарков составляет более 400, на которых вырабатывается более трети мирового объема ветровой электроэнергии [3—6]. В то же время перспективы развития ветроэнергетики могут сдерживаться сопутствующими негативными факторами, например необходимостью выделения значительных земельных территорий для размещения крупных парков ВЭУ, представленных традиционными территориально рассредоточенными башенными лопастными ветрогенераторами с горизонтальным ротором. Для их размещения в указанных странах потребуются сотни тысяч квадратных километров новых территорий. Эти факторы принципиально исключают размещение небольших групп локальных ветровых электростанций в структуре городов и их промышленных зон, а также в границах пригородных территорий.

Анализ показывает, что для более широкого применения традиционных лопастных ветрогенераторов в качестве локальных независимых энергоисточников возможен выбор принципиально иных способов их пространственно-планировочного размещения. Пример такого оригинального подхода — принцип интеграции ветроустановки с использованием конструктивной основы отдельно взятого здания. Этот прием успешно реализован при строительстве энергонезависимых высотных зданий общественно-делового назначения в Бахрейне, Гуанчжоу, Лондоне [7], где были использованы традиционные лопастные ветроустановки с горизонтальным ротором. Несмотря на оригинальность архитектурной композиции, применение таких крупноразмерных типов ветровых генераторов в конструктивной структуре общественных зданий, по мнению автора статьи, требует значительного увеличения необходимых пространственных габаритов здания при одновременном ограниченном количестве устанавливаемых устройств.

Как показал дальнейший анализ, более совершенным приемом для формирования нового типа энергоэффективного здания может стать выбор принципиально иных компактных ветрогенераторов в виде многолопастных ветровых турбин с вертикально или горизонтально расположенным по отношению к ветровому потоку ротором. Такие устройства представлены в новых патентных разработках отечественных специалистов в виде конструктивно жестких секций турбоагрегатов с многорядным размещением ветровых турбин [8, 9]. Компактное секционное размещение ветрогенераторов принципиально позволяет интегрировать эти устройства в качестве единого конструктивного элемента в структуру несущего каркаса здания. Этот принцип может быть эффективно использован в области строительства и реконструкции промышленных зданий, определяя формирование новых типов энергонезависимых производственных комплексов [9—11].

Материалы и методы исследования

Принципиальная особенность производственных зданий при организации в них технологических процессов — обеспечение значительного запаса прочности и жесткости для восприятия статических и динамических нагрузок от работы технологического оборудования. Поэтому несущие металлические или железобетонные каркасы производственных зданий, как правило, выполняют в виде жестких конструктивных схем с применением стоек, балок и стропильных конструкций, объединенных элементами продольных и поперечных связей [12]. Перечисленные особенности обеспечивают принципиальную возможность дополнительного интегрирования в структуру каркаса производственных зданий аналогичных конструктивно жестких секций ветровых электроэнергетических турбин [13].

Другим важным фактором,

* Режим доступа: URL: https://ru.ihodl.com/analytics/2015-12-14/konferentsiia-po-klimatu-v-parizhe-itogi/.

связанным с архитектурной типологией производственных зданий, является многообразие типов объемно-планировочных решений и очертаний их поперечного профиля. Во многих случаях это связано с разными высотными отметками смежных пролетов, что обусловлено большими габаритами или многоуровневым размещением технологического или подъемно-транспортного оборудования. При этом общим свойством производственных зданий являются существенные высотные отметки конструкций покрытий, которые составляют от 12 до 40 м и более. Применительно к ветровой характеристике окружающего пространства это соответствует нахождению основного объема здания в зоне устойчивой повышенной циркуляции надземных воздушных потоков. Анализ показывает, что эти особенности обеспечивают принципиальную возможность формирования ветроактивного поперечного профиля производственных зданий при компоновке в их верхней зоне секционных ветроэнергетических установок [10, 14].

Перечисленные типологические свойства производственных зданий были методически апробированы автором статьи в ходе научных исследований и экспериментального проектирования в НИУ МГСУ на примерах зданий различных отраслей промышленности в условиях нового строительства и реконструкции. В этих экспериментах производственное здание использовалось как составная функциональная и конструктивная часть ветроэнергетической установки [15]. В качестве активного элемента в воспроизводстве ветровой энергии были проанализированы оригинальные ветрогенераторы двух типов: на основе многолопастной турбины с горизонтальной осью вращения и с использованием компактных секционных ветровых турбин с вертикальным ротором [8, 9]. Преимущества этих ветрогенераторов: полная независимость их работы от направления набегающего ветрового потока, высокая компактность, простота и повторяемость конструкции, отсутствие вибраций.

Данные типы ветрогенераторов допускают их монтаж и установку практически вплотную к плоскостям ограждающих конструкций здания (покрытию или стенам). Перечисленные качества обеспечивают принципиально новый интегрированный подход к размещению этих систем в структуре каркаса производственного здания, позволяя компактно группировать устройства в виде конструктивных блоков-модулей в составе многороторных секций. Эти пространственно жесткие секции в исследованных решениях становятся частью конструктивного каркаса производственного здания. При этом ограждающие конструкции здания можно использовать в качестве ветронаправляющих плоскостей, фокусируя и дополнительно усиливая плотность ветрового потока и эффективность работы ветрогенератора [10].

Результаты и их обсуждение

Рассматриваемый подход апробировали в ходе экспериментальных научно-проектных разработок, выполненных в НИУ МГСУ. При исследованиях отрабатывались два направления использования ветровых турбин, а именно, при проектировании и реконструкции производственных зданий.

В качестве объекта исследования был принят комплекс зданий по хранению и техническому обслуживанию средств авиационного транспорта для намеченного к строительству небольшого грузопассажирского аэропорта в районе г. Холмска Сахалинской обл. Для данного региона крайне удаленное территориальное размещение аэропорта изначально обусловливало энергетический дефицит при его последующей эксплуатации. Данный географический район страны характеризуется интенсивной круглогодичной циркуляцией воздушных масс, преимущественно северо-западного направления, с высокими скоростями ветровых потоков (более 10 м/с) и ветровым давлением до 0,73 кПа [16, 17]. Таким образом, ветровой фактор при разработке проектного решения стал решающим в выборе альтернативного источника энергии. Более того, этот же фактор изначально определил всю планировочную организацию объектов рассматриваемого комплекса, с формированием фронта фасадов зданий, ориентированных на основное направление набегающих ветровых потоков *(рис. 1).*

При выборе основного типа используемых ветрогенераторов учитывали, что в условиях работы аэропорта применение традиционных крыльчатых ветроустановок на высоких мачтах будет представлять опасность при взлете и посадке самолетов. Поэтому в качестве принципиального решения было предложено использовать компактные типы секционных ветровых турбин, интегрируемых непосредственно в структуру каркаса здания.

С учетом большого объема перевозок планировочное решение комплекса принято из двух однотипных зданий-ангаров (габаритами 60×72 м), по условиям генплана сблокированных в виде ступенчато смещенных относительно друг друга блоков зданий *(рис. 2).* Система этих блоков ориентирована в северо-западном направлении перпендикулярно к набегающим господствующим ветрам, благодаря чему обеспечиваются условия эффек-

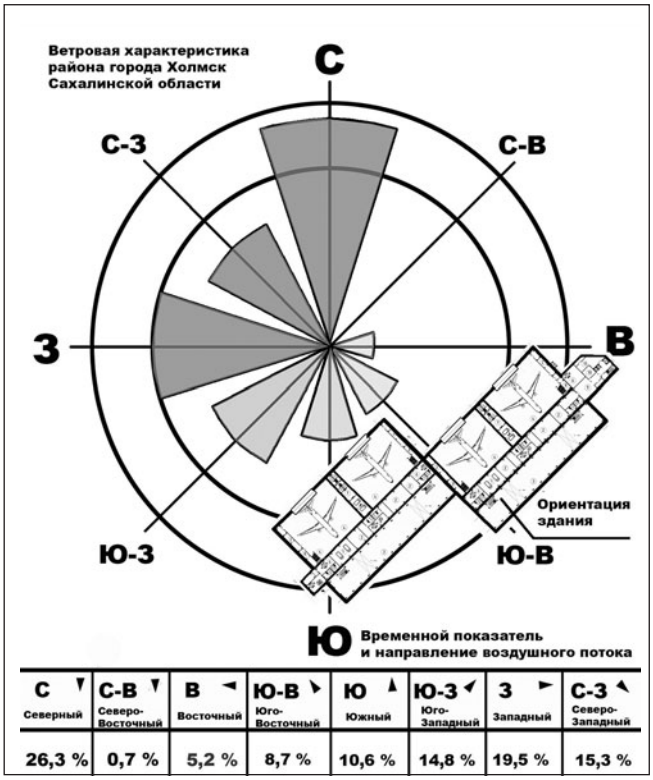

Рис. 1. *Схема планировочной организации производственных объектов аэродромного комплекса, ориентированных для максимального использования ветровой энергии, в районе г. Холмска Сахалинской обл.*

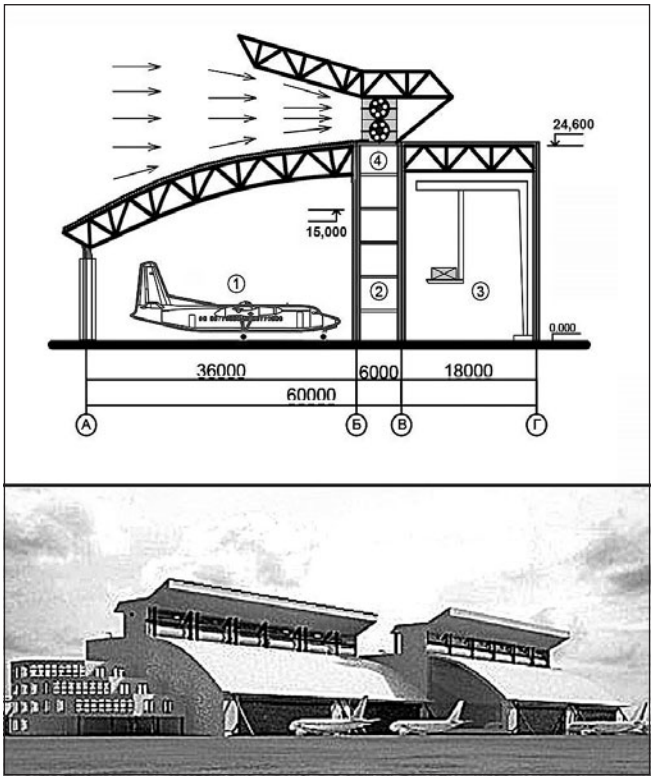

Рис. 2. *Схема интеграции ветровой электростанции в структуру конструкций несущего каркаса многопролетного производственного здания*

тивного захвата ветровых потоков секциями турбин, скомпонованных в главных планировочных осях каждого блока здания [18].

Для функционального блока аэродромного комплекса в соответствии с технологической схемой было предложено решение каркаса в стальных конструкциях в составе трех разновысоких пролетов. Наиболее широкий крайний пролет длиной 36 м ориентирован на северо-запад и предназначен для закрытого хранения и обслуживания самолетов. С противоположной стороны пролет длиной 18 м служит распределительным складом логистики с высоким краном-штабелером. В данном решении средний пролет представляет собой многоуровневый конструктивно жесткий высотный пролет-вставку многофункционального назначения шириной 6 м. Он используется для размещения инженерно-технического оборудования, а также в качестве главной продольной пешеходной коммуникации *(см. рис. 2)*.

При такой схеме каркаса здания принято принципиальное решение по размещению блоков многороторных секционных ветрогенераторов в самой верхней части конструктивно жесткого и наиболее высокого центрального пролета. Данная компоновка обеспечила возможность формирования нового типа здания с ветроактивным аэродинамическим профилем. С этой целью стропильную ферму пролетом 36 м запроектировали с уклоном 30° по направлению к центру здания, что определило ее одновременное использование в виде значительного по площади направляющего ветрового паруса. Для дополнительной концентрации ветрового потока рамную конструкцию роторной надстройки в верхней части дополнили обратным, симметричным по уклону наклонным экраном с фермой-отражателем. Это обеспечивает практически двухкратное увеличение плотности набегающего ветрового потока, направляемого в рабочее пространство турбин. Для эффективного захвата ветрового потока в данной схеме предложено двухуровневое размещение ветровых турбин в рабочем сечении электростанции с горизонтальными роторами *(рис. 3)*.

Данный прием размещения ветрогенераторов, в отличие от традиционных отдельностоящих башенных крыльчатых ветроустановок, помимо эффективной компоновки, обеспечивает минимальный уровень шума и вибраций. Важная особенность этого решения — рациональное размещение значительных по площади аккумуляторных, технических и

ремонтных помещений ветровой электростанции в единых габаритах центрального пролета-вставки в непосредственной близости к обслуживаемым агрегатам. Это обеспечивает удобный доступ и возможность постоянного текущего осмотра или ремонта роторных турбин.

В процессе экспериментального проектирования приемы интеграции ветроэнергетических установок в структуру промышленных зданий были апробированы также для условий реконструкции объектов. В качестве примера был проработан вариант реконструкции бывшего комплекса элеваторного зернохранилища, который размещен в северо-западных границах пригорода г. Ярославля. В плане комплекс зернохранилища представлял двухрядную производственную застройку, состоявшую из двух корпусов перегрузочных узлов и примыкавших к ним блоков вертикальных цилиндрических силосных зернохранилищ. Комплекс был выведен из эксплуатации в конце 1990-х гг. и частично демонтирован. К настоящему времени сохранились монолитные объемы сооружений в виде двух центральных корпусов высотных перегрузочных узлов размером в плане 18×15 м и высотой 46,5 м с расстоянием между ними в осях 100 м.

В составе экспериментального проекта реконструкции предложено создать растениеводческий производственный объект многоуровневого вертикального здания тепличного комплекса с использованием в качестве жесткого конструктивного остова двух сохранившихся монолитных сооружений *(рис. 3)*. Габариты высотной части тепличного объекта в плане составили 118х15 м, при этом с двух сторон предусмотрены новые пролеты одноэтажных теплиц и пролеты производственно-складского перегрузочного комплекса.

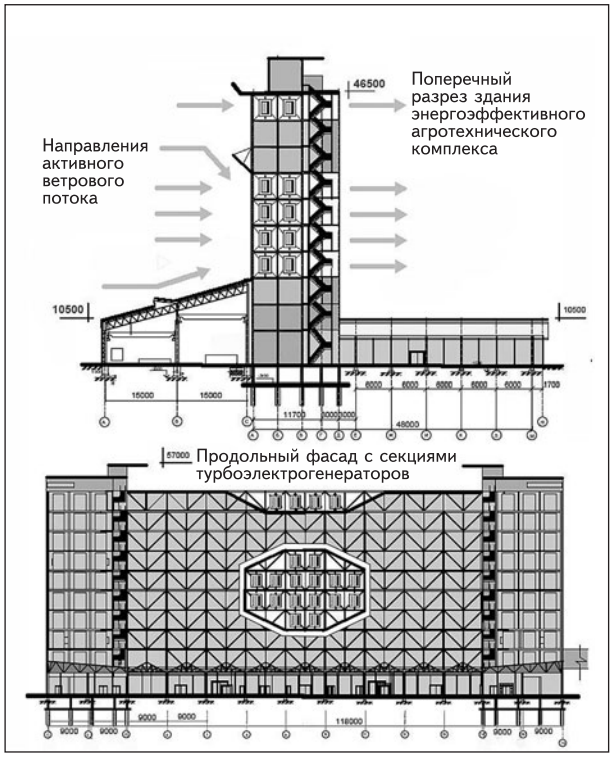

Рис. 3. ***Приемы интеграции многосекционных ветровых турбин в структуру реконструированного здания вертикального производственного тепличного комплекса***

В данном решении запроектированы конструкции ветровых турбин с вертикальной осью вращения [19]. С точки зрения аэродинамики основной вертикальный объем производственного здания представляет собой единую фасадную остекленную парусную плоскость с восьмиярусным вертикальным размещением технологических пролетов теплиц. При этом плоскости фасадов ориентированы на северо-запад и юго-восток, что практически совпадает с направлениями господствующих в этом районе ветров. Блоки секционных турбин размещены в центре парусной плоскости в компактном поэтажном многоуровневом исполнении. Активный ветровой фронт турбин в данном проекте составляет более 600 м^2. Все ремонтные, аккумуляторные и технические помещения электростанции в представленном решении размещены в крайних монолитных секциях тепличного комплекса. В целом предлагаемое решение рассчитано на полное круглогодичное энергоавтономное функционирование данного растениеводческого агрокомплекса. В холодный период года энергоэффективные процессы в данном проекте дополнены устройством в боковых секциях помещений солнечных тепловых коллекторов, при этом необходимую по технологии работу тепловых насосов для отопления основных помещений теплиц также обеспечивают роторные ветровые электрогенераторы.

Выводы

1. Предложенный принцип формирования интегрированного типа энергоактивного здания может быть рекомендован для широкого применения в разнообразных по профилю многопролетных и разновысотных типах производственных зданий, структура каркаса которых принципиально допускает возможность дополнительного включения установок ветровых роторных энергогенераторов. Немаловажной особенностью рекомендуемых решений является размещение промышленных зданий, как правило, в границах территорий промзон городов, что дополнительно локализует распространение возможного шумового фо-

на от работы роторных установок.

2. В дальнейшей практике проектирования энергоэффективных производственных объектов такие типологические свойства промышленных зданий, как наличие многопролетного состава и использование многофункциональных пролетов-вставок, целесообразно применять для формирования в них крупных аккумуляторных станций автономного территориального значения. Это определит новую специфику таких интегрированных производственных предприятий, сочетающих функции основного производства и энергогенерирующего комплекса с долговременным хранением электроэнергии. Предложенное решение позволит эффективно обеспечить потребности не только инженерных и эксплуатационных служб самого предприятия, но и нужды городского коммунального хозяйства.

3. Рассмотренные приемы формирования интегрированных ветроактивных типов зданий рекомендуются также при разработке проектов реконструкции производственных предприятий в разных отраслях промышленности. При проектировании подобных объектов количество и мощность устанавливаемых ветровых турбин должны рассчитываться в соответствии с основными технологическими и технико-экономическими характеристиками конкретного предприятия и ветровыми характеристиками климатического района строительства.

Важным этапом должна стать методика апробации разработанных проектных решений с постановкой экспериментов методами гидромоделирования.

Очевидно, что решение таких задач потребует в дальнейшем проведения комплексных научных исследований с участием технологов, архитекторов, конструкторов, экономистов и строителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Перминов Э. М.* О проблемах развития мировой энергетики и ВИЭ // Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». 2020. № 4. С. 2–7.
2. *Саламов А. А.* Прогноз развития мировой энергетики до 2040 г. // Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». 2020. № 1. С. 27–34.
3. China wind energy development roadmap 2050 [Дорожная карта развития ветроэнергетики Китая до 2050 г.] // International energy agency and energy research institute forecast. Paris, France, 2011. 56 p.
4. Japan statistical yearbook 2017 [Японский статистический ежегодник 2017]. Chapter 11: Energy and Water.
URL: http//www.stat.go.ip
(дата обращения: 20.11.2021).
5. *Stevens R., Benjamin F., Ramos A., Meneveau C.* Combining economic and fluid dynamic models to determine the optimal spacing in very large wind farms [Сочетание экономических и гидродинамических моделей для определения оптимального расстояния между очень крупными ветроэлектростанциями] // Wind Energy. 2017. Vol. 20. Iss. 3. Pp. 465–477.
6. Resource potential of renewable energy. National policies for new and renewable energy of the countries in North-East Asia Region [Ресурсный потенциал возобновляемых источников энергии. Национальная политика в области новых и возобновляемых источников энергии стран региона Северо-Восточной Азии] / Korea Energy Economic Institute Report. Seoul, Korea, 2016. 27 p.
7. *Клюзко В. М.* Приемы формирования объемно-планировочных решений энергоэффективных высотных полифункциональных зданий, использующих энергию ветра // AMIT. 2015. № 2(31). С. 13.
8. Пат. на изобретение РФ 2631587 С. Парусная горизонтальная ветросиловая турбина / *С. Н. Загребельный*. 2017.
9. *Дмитриева А. О.* Локальные приемы повышения энергоэффективности и экологической безопасности при проектировании промышленных объектов // Сб. тр. междунар. науч. конф. Екатеринбург : УрГАХУ, 2017. С. 148–152.
10. *Буртик В. О., Голованова Л. А.* Особенности ветроэнергоактивных зданий // Материалы междунар. науч. конф. Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет. 2015. Т. 3. С. 183–189.
11. *Лукутин Б. В., Суржикова О. А., Шандарова Е. Б.* Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. М. : Энергоатомиздат, 2008. 239 с.
12. *Бузало Н. А., Пономарев Р. Р.* Типовые решения производственных зданий с металлическим каркасом, построенных в советский период // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : сб. тр. Новочеркасск : Лик, 2019. С. 9–14.
13. *Кузеев И. Р., Самигуллин Г. Х.* Живучесть и ресурс производственных зданий и сооружений. СПб : ЛЕМА, 2016. 58 с.
14. *Корниенко С. В.* Энергоэффективное производственное здание. Какое оно? // Энергосбережение. 2019. № 2. С. 38–41.
15. *Подковальников С. В., Поломошина М. А.* Интеграция возобновляемых источников энергии в систему электроснабжения промышленного предприятия // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 11(142). С. 182–198.
16. *Гоголев Г. А.* Оценка потенциала территорий Российской Федерации для использования возобновляемых источников энергии // Известия Российской

Академии наук. Серия географическая. 2009. № 1. С. 83–93.

17. *Шилов С. Н.* Экономический потенциал использования возобновляемых источников энергии на Курильских островах Сахалинской обл. // Микроэкономика. 2008. № 8. С. 38–41.
18. *Пляцковская О. В.* Аэропорт местного значения с применением энергосберегающих решений для обслуживания малоосвоенных территорий Дальнего Востока // Доклады науч.-техн. конф. «Дни студенческой науки», 12–16 марта 2018 г. М. : НИУ МГСУ, 2018. С. 52–54.
19. Пат. на изобретение РФ 2 263 815 C1. Роторный двигатель с вертикальным валом вращения / *В. А. Халютин, Р. Ю. Мерзликин*. 2005. Бюл. № 31.

R E F E R E N C E S

1. Perminov E. M. On the problems of global energy and renewable energy development. *Energetika za rubezhom. Prilozheniye k zhurnalu "Energetik"*, 2020, no. 4, pp. 2–7. (In Russian).
2. Salamov A. A. Global energy development forecast to 2040. *Energetika za rubezhom. Prilozheniye k zhurnalu "Energetik"*, 2020, no. 1, pp. 27–34. (In Russian).
3. *China Wind Energy Development Roadmap 2050*. International Energy Agency and Energy Research Institute Forecast. 2011. Paris, France. 56 p.
4. *Japan Statistical Yearbook 2017*. Chapter 11: Energy and Water.
Aveilable at: http//www.stat.go.ip
(accessed 20.11.2021).
5. Stevens R., Benjamin F., Ramos A., Meneveau C. Combining economic and fluid dynamic models to determine the optimal spacing in very large wind farms. *Wind Energy*, 2017, vol. 20, iss. 3, pp. 465–477.
6. *Resource potential of renewable energy. National policies for new and renewable energy of the countries in North-East Asia Region*. Korea Energy Economic Institute Report. Seoul, Korea. July 2016. 27 p.
7. Klyuzko V. M. Techniques for forming space-planning solutions for energy-efficient high-rise multifunctional buildings that use wind energy. *AMIT*, 2015, no. 2(31), p. 13. (In Russian).
8. Pat. Russian Federation 2631587 S. *Parusnaya gorizontalnaya vetrosilovaya turbine* [Sailing Horizontal Wind Turbine] / S. N. Zagrebel'nyy. 2017. (In Russian).
9. Dmitriyeva A. O. Local techniques for improving energy efficiency and environmental safety in the design of industrial facilities. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Proc. international scientific conference]. Ekaterinburg, UrGACHU Publ., 2017, pp. 148–152. (In Russian).
10. Burtik V. O., Golovanova L. A. Features of wind-powered buildings. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Proc. international scientific conference]. Khabarovsk, Tihookeanskij gosudarstvennyj universitet Publ., 2015, vol. 3, pp. 183–189. (In Russian).
11. Lukutin B. V., Surzhikova O. A., Shandarova E. B. *Vozobnovlyaemaya energetika v detsentralizovannom elektrosnabzhenii* [Renewable energy in decentralized electricity supply]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2008. 239 p.(In Russian).
12. Buzalo N. A., Ponomarev R. R. Typical solutions for industrial buildings with metal frames built in the Soviet period. *Informatsionnyye tekhnologii v obsledovanii ekspluatiruyemykh zdaniy i sooruzheniy* [Information technologies in the survey of operated buildings and structures]. Novocherkassk, Lik Publ., 2019, pp. 9–14. (In Russian).
13. Kuzeyev I. R., Samigullin G. Kh. *Zhivuchest i resurs proizvodstvennykh zdaniy i sooruzheniy* [Survivability and resource of industrial buildings and structures]. St. Petersburg, LEMA Publ., 2016. 58 p. (In Russian).
14. Korniyenko S. V. Energy-efficient industrial building. *Energosberezheniye*, 2019, no. 2, pp. 38–41. (In Russian).
15. Podkovalnikov S. V., Polomoshina M. A. Integration of renewable energy sources into the power supply system of an industrial enterprise. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018, vol. 22, no. 11(142), pp. 182–198. (In Russian).
16. Gogolev G. A. Assessment of the potential of the territories of the Russian Federation for the use of renewable energy sources. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2009, no. 1, pp. 83–93. (In Russian).
17. Shilov S. N. The economic potential of using renewable energy sources in the Kuril Islands of the Sakhalin region. *Mikroekonomika*, 2008, no. 8, pp. 38–41. (In Russian).
18. Plyatskovskaya O. V. A local airport with the use of energy-saving solutions for servicing undeveloped territories of the Far East. *Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow, NIU MGSU Publ., 2018, pp. 52–54. (In Russian).
19. Pat. Russian Federation 2 263 815 C1. *Rotornyy dvigatel s vertikalnym valom vrashcheniya* [Rotary motor with vertical shaft of rotation] / V. A. Khalyutin, R. Yu. Merzlikin. 2005. Bul. no. 31. (In Russian).

Для цитирования: *Финогенов А. И.* Интегрированные типы промышленных зданий с использованием ветроэнергетических установок // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 2. С. 36–42. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.36-42.

For citation: Finogenov A. I. Integrated Types of Industrial Buildings Using Wind Power Plants. *Promyshlennoe i grazhdanskoe* stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering], 2022, no. 2, pp. 36–42. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.36-42.