

МЕЖДУ- НАРОДНЫЕ ОРГАНИ- ЗАЦИИ И ОБЪЕДИ- НЕНИЯ

РОБОТИЗИРОВАННОЕ ХРАНИЛИЩЕ ДЛЯ КОЛЛЕКЦИЙ КОРОЛЕВСКОЙ БИБЛИОТЕКИ НИДЕРЛАНДОВ

A ROBOTIC STORAGE FACILITY FOR THE DUTCH NATIONAL LIBRARY COLLECTIONS*

Фокье Бурсма (Foekje Boersma), Королевская библиотека Нидерландов

Марко Мартенс (Marco Martens), компания Helicon Conservation Support

Барт Анкерсмит (Bart Ankersmit), Агентство по вопросам культурного наследия Нидерландов

Марк Стапперс (Marc Stappers), Агентство по вопросам культурного наследия Нидерландов

Реферат. В настоящее время Королевская библиотека Нидерландов (КВ) занимается разработкой дизайна нового внешнего хранилища, куда планируется перенести весь фонд материалов на физических носителях. С целью обеспечения экологической устойчивости национальную коллекцию разместят в специально построенном здании, не оборудованном сложными системами обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха. Внедряя автоматизированную систему хранения и поиска сверхвысокой плотности (ASRS), важно учитывать особенности как хранилища, так и самих коллекций, чтобы создать безопасные климатические условия. Поскольку контроль над внутренней средой в новом здании будет ограничен, требуется сперва проанализировать с помощью моделирования гидротермические показатели хранилища и коллекций во время эксплуатации. Подобный метод уникален тем, что он позволяет исследовать влияние библиотечных материалов на внутреннюю среду. В статье обсуждается взаимосвязь относительной влажности в помещении, способов постепенного заполнения объема хранилища и содержания влаги в документах фонда.

Ключевые слова: хранилище высокой плотности, пассивный климат-контроль, автоматизированное хранение, экологическая стабильность.

* Boersma F., Martens M., Ankersmit B., Stappers M. A Robotic Storage Facility for the Dutch National Library Collections, *Studies // Conservation*. 2022. Vol. 67, sup. 1. P. 32–39. DOI: 10.1080/00393630.2022.2045420.

Введение

Стремясь выполнить социальную задачу, связанную с ведущей ролью учреждения в становлении устойчивого и инклюзивного общества, Королевская библиотека Нидерландов (КВ) включила несколько Целей в области устойчивого развития (ЦУР)¹ Организации Объединенных Наций в свой стратегический план на 2019–2022 годы.

В частности, речь идет о следующих целях [1, р. 8]:

- ЦУР 4. Качественное образование — к 2030 г. обеспечить, чтобы все молодые люди и значительная доля взрослого населения (как мужчин, так и женщин) умели читать, писать и считать (Задача 4.6)²;
- ЦУР 9. Индустриализация, инновации и инфраструктура — активизировать научные исследования, наращивать технологический потенциал промышленных секторов во всех странах, особенно развивающихся, в том числе путем стимулирования к 2030 г. инновационной деятельности и значительного увеличения числа работников, занятых научными исследованиями, в расчете на 1 млн человек, а также государственных и частных расходов на научно-исследовательскую деятельность (Задача 9.5)³;
- ЦУР 11. Устойчивые города и населенные пункты — активизировать усилия по защите и сохранению всемирного культурного и природного наследия (Задача 11.4)⁴;
- ЦУР 16. Мир, правосудие и эффективные институты — обеспечить доступ общественности к информации и защитить основные свободы в соответствии с национальным законодательством и международными соглашениями (Задача 16.10)⁵.

КВ также заявила о стремлении сократить экологические последствия своей собственной деятельности в соответствии с Парижским соглашением и планами правительства Нидерландов привести страну к безотходной («циркулярной») экономике к 2050 году. В настоящее время библиотека ищет различные возможности для снижения потребления энергии в своем здании, например путем регулирования часов работы активной системы климат-контроля. Однако, учитывая необходимость задуматься о текущем и будущем хранении физических коллекций, следует рассмотреть способы резкого сокращения выбросов парниковых газов, радикально изменив подходы к уходу за коллекциями в национальных библиотеках.

Новое хранилище должно способствовать достижению некоторых основных целей организации, в частности обеспечению долгосрочной доступности коллекции. На рис. 1 показаны различные цели, а также их взаимосвязи. Цели могут быть достигнуты путем разработки нового роботизированного пассивного хранилища высокой плотности.

В статье описаны планы по развитию объекта, приведен анализ внутренних климатических усло-

вий на этапе предварительного проектирования, выполненный с помощью динамической гидротермической модели.

Королевская библиотека Нидерландов

КВ собирает все издания (книги, журналы и газеты), которые публикуются в Нидерландах и о Нидерландах. В ее фондах представлены специальные коллекции средневековых и более поздних рукописей, печатные книги XV–XIX вв. и ценные книги более поздних периодов, а также большой архив исторических газет.

С 1990-х гг. КВ занимается масштабной оцифровкой документов на материальных носителях, а также собирает цифровые публикации⁶. Учитывая политику в области развития фондов, согласно которой приоритет отдается в первую очередь сбору цифровых документов, ожидается, что темпы роста физической коллекции, в настоящее время составляющие около 1 пог. км в год, в течение следующих нескольких десятилетий снизятся, но никогда не будут сведены к нулю.

В 1982 г. библиотека переехала в свое нынешнее, специально построенное здание рядом с центральным железнодорожным вокзалом в Гааге. В нем располагаются читальные залы, служебные помещения и хранилища коллекций. Физические коллекции, которые в настоящее время составляют примерно 120 пог. км, размещены в 29 хранилищах (общая площадь около 28 тыс. кв. м, объем 90 тыс. куб. м), оборудованных системами климат-контроля и разделенных на девять этажей.

Эпоха цифровой трансформации и ее влияние на уход за библиотечными коллекциями

В настоящее время протекает процесс цифровой трансформации: современные технологии все чаще используются не только для повышения эффективности, но и для обеспечения всеобщего доступа к информации. Библиотеки играют ключевую роль в данном процессе, что также вносит изменения в их традиционную деятельность. Сегодня библиотеки сосредотачивают основное внимание на расширении доступа к коллекциям и информации, создавая связанные открытые данные и предоставляя удаленный доступ путем оцифровки физических фондов. Ниже приведены некоторые примеры активной работы КВ в области цифровой трансформации.

В течение нескольких десятилетий оцифровка была основной стратегией сохранения уязвимых коллекций и обеспечения доступа к ним. Начиная с 1997 г. национальная программа по сохранению бумажного наследия *Metamorfoze* выступала спонсором проектов по оцифровке коллекций бумаж-

Обеспечение наглядности и удобства использования коллекции национальной библиотеки

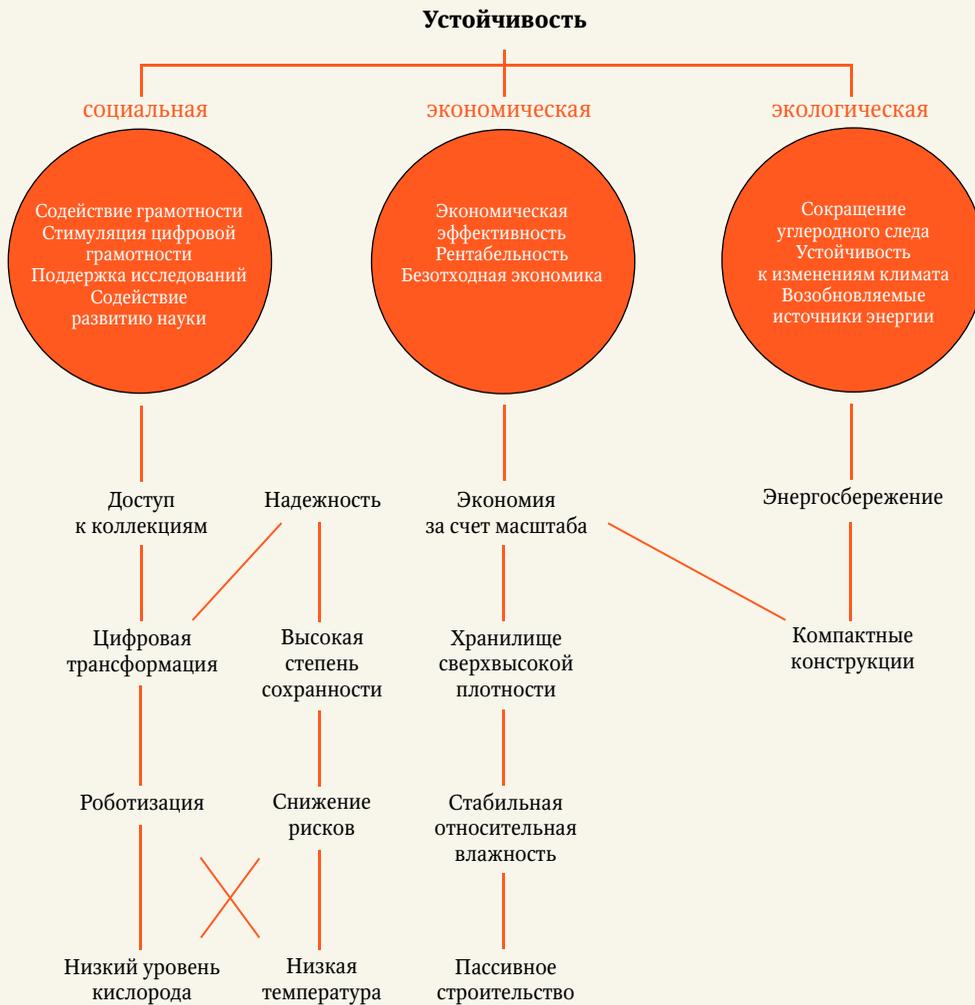


Рис. 1. Схема взаимосвязи целей организации и использования роботизированного хранилища высокой плотности с пассивным климат-контролем

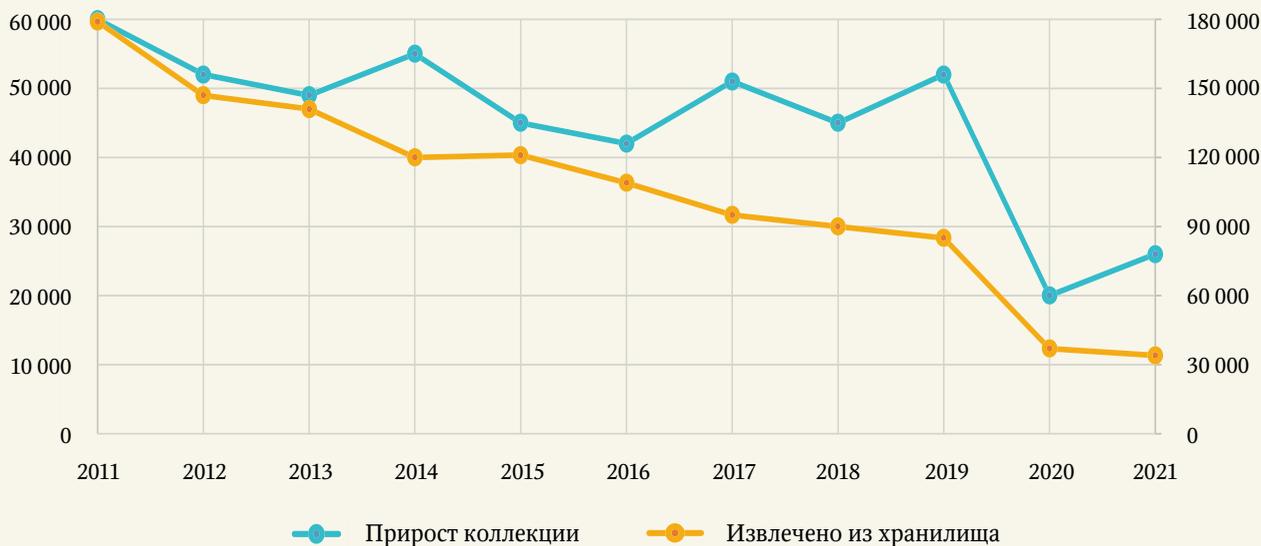


Рис. 2. Снижение годового прироста коллекции и уменьшение количества запросов на документы на материальных носителях

ных документов, сделанных из древесной массы низкого качества (1840–1950). К 2018 г. КВ оцифровала 1,5 млн газет, 523 575 книг и 156 712 журналов [2, р. 20], при этом доступ пользователей к хрупким оригиналам был ограничен.

С 2019 г. КВ использует новый подход к развитию фондов, акцентируя внимание на сборе в первую очередь цифровых материалов. Таким образом, в коллекцию библиотеки поступает лишь цифровая копия публикации, за исключением следующих случаев: доступ к публикации ограничен требованиями авторского права; публикация доступна лишь в печатном виде; печатная версия имеет особую ценность для коллекции. Ожидается, что данная политика существенно замедлит темпы роста физического фонда (рис. 2).

Еще до пандемии COVID-19 онлайн-доступ к ресурсам национальной библиотеки неуклонно рос, поскольку все больше и больше материалов становились доступны через Интернет. Результатом данной тенденции стало падение количества запросов на физические материалы (рис. 2). Так, в 2019 г. библиотеку посетили 80 тыс. человек, в то время как к цифровым коллекциям обратились миллионы пользователей. В течение двух карантинных периодов в 2020 и 2021 гг. значительно увеличилось онлайн-пользование библиотекой, ожидается, что эта тенденция сохранится в ближайшие годы.

Текущие проблемы

В свете необходимости эффективного реагирования на происходящий сдвиг как в использовании, так и в социальной значимости библиотеки, КВ решила, что настало время заняться проблемой долгосрочного хранения фондов. Учитывая ограниченное пространство для дальнейшего роста физических коллекций и снижение числа запросов на физический доступ к ресурсам, встал вопрос о целесообразности расположения хранилища в центре города.

Следует отметить, что здание КВ нуждается в капитальном ремонте. Системы климат-контроля, обеспечивающие надлежащие условия в хранилищах и комфорт для людей в прочих помещениях, представляют собой технологии начала 1980-х гг., которые в настоящее время исчерпали лимит использования. Кроме того, поскольку большая часть фонда располагается под землей, коллекции подвергаются дополнительному риску в связи с вероятностью затопления хранилища. С повышением уровня моря и активизацией строительства в окрестностях увеличивается плотность городской застройки, что в целом представляет чрезвычайно серьезную угрозу сохранности коллекций.

Стремясь перейти к более устойчивой модели управления коллекциями, библиотека решила вынести физические коллекции из главного здания, разместив их в новом, специально построенном уда-

ленном хранилище. Дизайн нового объекта будет одновременно высокотехнологичным и практичным: планируется использовать автоматизированную систему хранения и поиска документов сверхвысокой плотности (ASRS), также известную как «роботизированная система», и оборудовать здание средствами для производства возобновляемой энергии.

Краткая история развития технологий хранения высокой плотности в библиотеках

КВ — не первая библиотека, внедряющая технологии хранения высокой плотности. В течение десятилетий несколько национальных и университетских библиотек использовали данный метод как наиболее эффективный способ хранения библиотечных коллекций [3]. Впервые он был разработан и реализован в 1986 г. библиотекой Гарвардского университета⁷, где предметы коллекции хранятся в удобных лотках, расположенных на многоярусных стеллажах с полками. Достать предмет можно с помощью специально приспособленных вилочных погрузчиков. Подобный тип хранения, получивший название «гарвардская модель», реализован несколькими библиотеками как в США [4, р. 12], так и за пределами страны. Например, Бодлеанское хранилище при Оксфордском университете, введенное в эксплуатацию в 2009–2010 гг., представляет собой сооружение высотой 11 м, в котором хранится коллекция (ее размер эквивалентен 246 пог. км). Библиотека Кембриджского университета последовала этому примеру в 2017–2018 гг., открыв здание для хранения 106 пог. км библиотечных материалов (рис. 3)⁸.

Инновации в коммерческом мире логистики привели к появлению модели ASRS, согласно которой библиотечные материалы размещаются в контейнерах, располагающихся на высоких стеллажах. Контейнеры перемещают с помощью специальных автоматических кранов, называемых роботами, которые двигаются по рельсам, закрепленным в коридорах между стеллажами. Далее конвейерные ленты соединяют зону хранения с управляемыми человеком станциями сбора, где можно получить требуемые предметы. Это технологическое решение обходится дороже, чем гарвардская модель, но обеспечивает более плотное хранение и считается более эффективным. После введения в эксплуатацию подобных объектов в США в 1990-х гг. [4, р. 13] недавними примерами реализации модели ASRS являются два хранилища Британской библиотеки в Бостон-Спа, построенные в 2009 и 2015 гг., где размещены свыше 500 пог. км библиотечных коллекций [5], а также объединенное хранилище Speicherbibliothek в Швейцарии, которое открылось в 2016 г. и вмещает 3,1 млн ед. хр. (рис. 3)⁹.

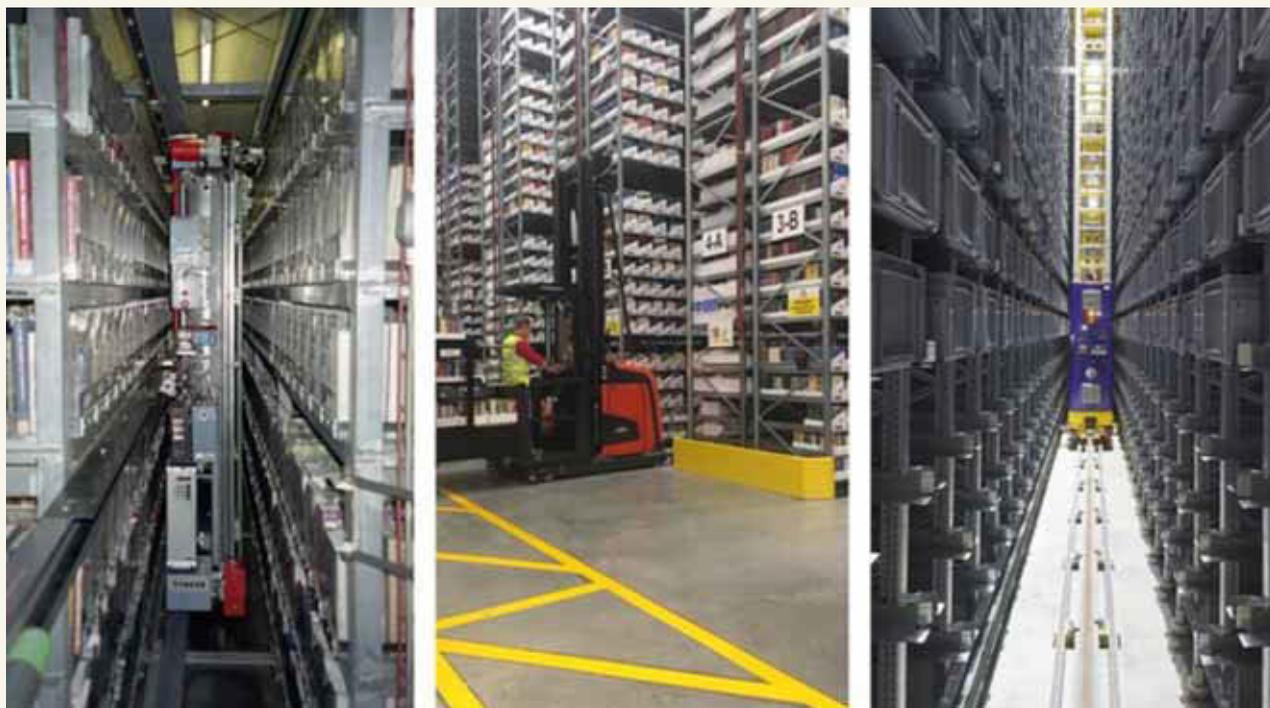


Рис. 3. Три примера библиотечных хранилищ высокой плотности (слева направо): хранилище библиотеки Университета им. Эразма Роттердамского (© Erasmus University Library); хранилище библиотеки Кембриджского университета (гарвардская модель) (© Mark van Egmond); роботизированное объединенное хранилище Speicherbibliothek в Швейцарии (© Ulrich Niederer)

Часто считается, что автоматизированное хранилище — это новинка, однако прообраз книжного робота, пусть и в относительно небольших масштабах, использовался в библиотеке Университета им. Эразма Роттердамского в 1969–2014 гг. [6] (рис. 3)¹⁰.

Хранилища сверхвысокой плотности и устойчивый внутренний климат

Концепция библиотечных хранилищ сверхвысокой плотности позволяет воспользоваться буферной способностью предметов коллекций: иными словами, материалы находятся в равновесии с окружающей средой, а их масса выступает в роли теплового и влагозащитного буфера. Кроме того, поскольку подобные объекты обслуживают роботы, то отсутствует необходимость учета комфорта сотрудников. Таким образом, в некоторых климатических зонах возможно внедрение пассивных решений по контролю климата в помещении, что продемонстрировало объединенное хранилище Speicherbibliothek в Бюрене, Швейцария.

В хранилище Speicherbibliothek используется роботизированная логистическая система в почти герметичном здании с высокой степенью изоляции. Хранилище не оборудовано активной системой климат-контроля, а температура в помещении составляет +7°C зимой и +22°C летом, меняясь в соответствии

с температурой наружного воздуха. Несмотря на то что уровень относительной влажности воздуха в целом характеризуется стабильностью, на протяжении многих лет эксплуатации данный показатель растет очень медленно. Это может быть связано с балансом со средней удельной влажностью воздуха снаружи. Более того, в силу изменений климата наблюдается медленный рост и средней удельной влажности, и средней температуры. Время покажет, потребуются ли дополнительно проводить мероприятия по уменьшению влажности воздуха или охлаждению помещения; решение будет зависеть от общей воздухопроницаемости здания в последующие годы. С учетом изложенных соображений было выделено место для оборудования и установки системы воздухопроводов, чтобы при необходимости упростить внедрение активного климат-контроля. Данная мера предосторожности была включена в план строительства без лишних затрат. Чтобы снизить риск возгорания, уровень кислорода в помещениях хранилища поддерживается на уровне 13,5%.

Смоделировав свои планы на основе дизайна Speicherbibliothek, КВ в настоящее время разрабатывает концепцию хранилища сверхвысокой плотности с низким уровнем кислорода. Данный объект, более крупный по масштабу, будет использован для хранения всех физических коллекций, включая специальные. С целью создания оптимальных климатических условий для обеспечения сохранности

фондов будут задействованы разработки в области пассивного строительства. Расположение КВ в зоне умеренного морского климата позволяет реализовать данную концепцию¹¹. Так, средняя температура в помещении будет ниже, чем текущая температура хранения коллекций, что снизит скорость химического распада. Риски, связанные с теми или иными кратковременными колебаниями температуры или относительной влажности воздуха при перемещении коллекций в читальный зал и обратно, оцениваются как низкие. Это решение приведет также к значительному сокращению площади, необходимой для размещения фондов: с нынешних 90 тыс. куб. м до примерно 55 тыс. куб. м в новом здании.

Использование методов динамического гидротермического моделирования для принятия взвешенных решений в целях обеспечения сохранности

Контроль над состоянием внутренней среды в новом здании хранилища будет ограничен, поэтому чрезвычайно важно иметь четкое представление как о конструкции здания, так и о влиянии высокой плотности хранения библиотечных материалов на климат в помещении. Учитывая предполагаемый двухлетний срок, необходимый для «введения» всей коллекции в хранилище, также требуется получить представление о том, как будут развиваться внутренние климатические условия в течение этого периода, который дважды охватит каждый из четырех сезонов умеренной климатической зоны. Поскольку опыт изучения других проектов в области пассивного хранения показал первоначальные нарушения микроклимата в помещении сразу после перемещения коллекции, также полезно составить прогноз того, сколько времени потребуется, прежде чем климат в новом здании достигнет равновесного состояния.

Таким образом, чтобы лучше понять потенциальные риски, связанные с перемещением коллекций КВ из их текущей среды с контролируемым климатом в новую среду, было проведено моделирование. В данном исследовании обсуждается информация, полезная для изучения следующих вопросов: оптимизация характеристик здания; необходимость предварительных мер по подготовке коллекций к перемещению; предпочтительные условия в новом объекте на момент переезда; период стабилизации климата в помещении после переезда; необходимость каких-либо (временных) мер по минимизации ущерба для коллекций во время их перемещения.

Оценка безопасности среды для коллекций в будущем хранилище проводится с точки зрения следующих критериев. Ожидается, что климатические условия в помещении будут меняться в зависимости от времени года, в результате чего

среднегодовая температура составит около или ниже +15°C. При этом температура может опускаться до минимального значения +10°C и повышаться до максимального — +22°C. Значение относительной влажности воздуха должно находиться в пределах от 40% (минимум) до 55% (максимум). Допустимые сезонные изменения могут достигать колебаний в 5% для относительной влажности и 2°C для температуры в течение 30-дневного срока. Прогноз включает неизбежные небольшие кратковременные колебания в связи с использованием концепции пассивного строительства.

По сравнению с текущей ситуацией (активная система климат-контроля, нацеленная на поддержание относительной влажности 50 ± 5% и температуры 18 ± 1°C) уровень химического распада снизится, что особенно важно для библиотечных материалов, опубликованных на промышленной бумаге, содержащей лигнин (бумага с высоким уровнем кислотности) [7]. Таким образом, срок эксплуатации документов может увеличиться как минимум на 60%, риски механической и биологической деградации также будут сведены к минимуму.

Моделирование было выполнено с помощью программы HAMBase [8] с применением следующих параметров: репрезентация физического здания и его систем, расположение предметов коллекции и особенности использования помещения (внутренний приток тепла, открывание дверей и пр.). Хранилище было смоделировано с разделением его на зоны, причем каждая зона считается однородной с точки зрения климатических условий (рис. 4). Модель представляет собой упрощенную версию реальной среды. Так, вместо запланированных в проекте здания 11 коридоров смоделировано лишь 3, поскольку коридоры, имеющие одинаковые пограничные условия, были объединены. Подобное упрощение позволяет найти баланс между степенью детализации модели и временем, необходимым для проведения вычислений. Расположенная на нулевом уровне зона, охватывающая всю площадь основания, является областью под контейнерами, а четыре верхние зоны содержат коллекции, хранящиеся в контейнерах. В самом верху располагается единая зона, которая представляет собой зону материально-технического обеспечения, где проложены конвейерные ленты, соединяющие хранилище со станциями сбора.

Для точной работы в модель были заложены данные о потоках воздуха (на рис. 4 обозначены цветными стрелками). В коридорах происходит перемешивание воздуха (зеленые стрелки) естественным образом и за счет движения роботов. В некоторых случаях смешивание является пассивным процессом и происходит горизонтально: внизу (красные стрелки) и между коридорами и зонами с предметами коллекции (синие стрелки). Большая часть воздушного потока создается си-

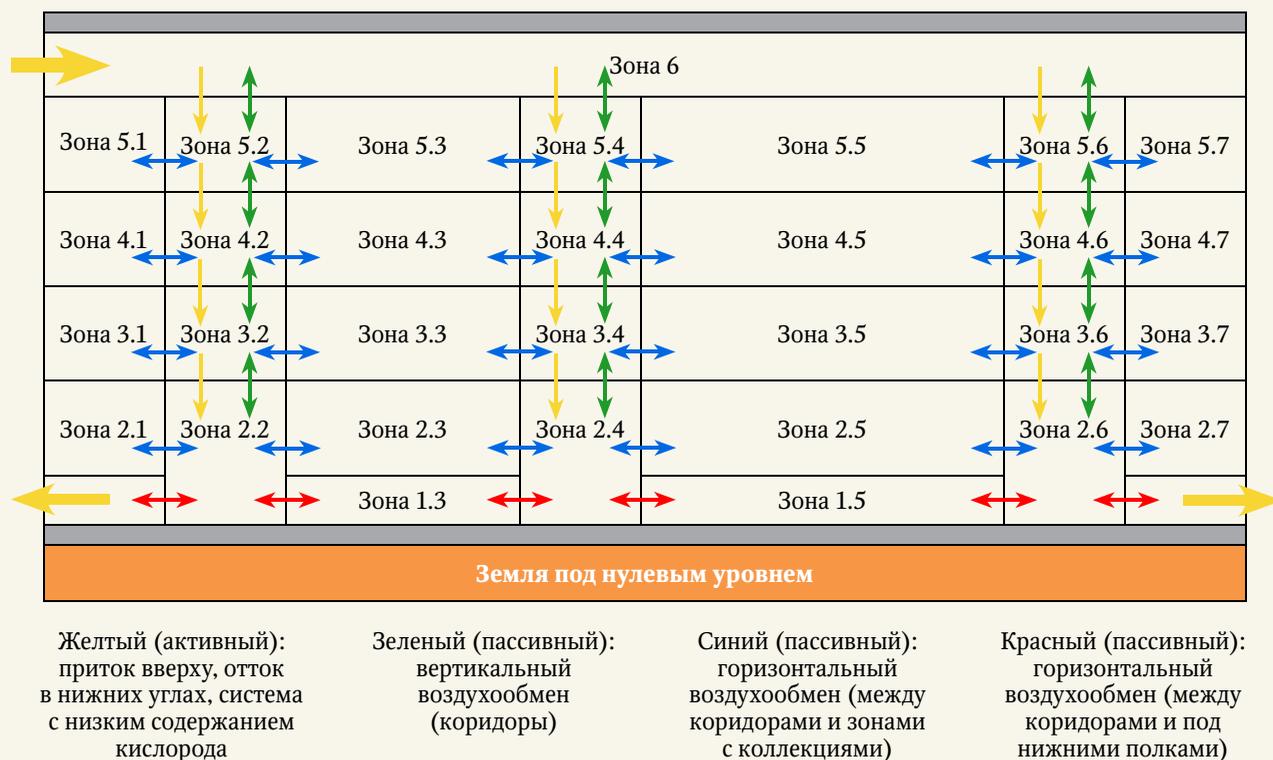


Рис. 4. Вертикальное сечение хранилища с указанием смоделированных климатических зон

стемой, которая образует приток азота (для поддержания среды с низким содержанием кислорода) и предотвращает пространственные градиенты. Желтые стрелки отражают управляемый воздушный поток: воздух поступает на верхнем уровне, движется вниз по всем коридорам и, наконец, вытягивается в четырех углах. Характеристики воздушных потоков оцениваются путем точной регулировки результатов и параметров модели.

Входные данные для модели включают ежедневные сведения о состоянии климатических условий на открытом воздухе, собранные голландским метеорологическим агентством за последние 20 лет. Данные включают температуру и относительную влажность воздуха для каждой зоны здания, а также потребление энергии. Результаты могут быть использованы для оценки качества консервации и общей энергоэффективности.

Первая модель основана на параметрах хранилища Speicherbibliothek с учетом необходимых модификаций, связанных с размерами объекта КВ и его местоположения в Нидерландах. Далее модель использовалась для оценки влияния следующих переменных: толщина изоляционного материала, коэффициент абсорбции кровли и стен, интенсивность вентиляции, низкокислородная система, производство тепла роботом и т. д. Все это позволило создать оптимизированную модель.

Оптимизированная модель помогает понять динамический процесс, посредством которого будет развиваться климат в помещении (рис. 5, вверху).

Моделирование визуализирует период с начала 2025 г., когда будет завершено строительство большей части здания, за исключением крыши (по оценкам, она будет возведена в марте). Предполагается, что установка ASRS займет девять месяцев, после чего потребуется три месяца, чтобы укомплектовать хранилище примерно 220 тыс. пустых контейнеров. После этапа тестирования системы коллекции будут загружены в хранилище, что займет еще два года.

Динамика развития климатических условий в помещении в рамках указанной временной шкалы представлена на рис. 5 (внизу). Непосредственно после завершения строительства здание будет очень холодным и сырым, но условия стабилизируются после установки ASRS. Начиная с 2026 г. зона, прилегающая к станции сбора, будет умеренно отапливаться для комфорта сотрудников (голубая линия), что приведет к снижению значения относительной влажности воздуха зимой и повышению данного показателя в летний период. Оранжевая и зеленая кривые отражают климатические условия в зоне хранения. Согласно оценкам, зимой температура составит примерно +12°C, а летом достигнет +18°C. Значение относительной влажности стабилизируется на уровне 45–55%, в зависимости от того или иного места в хранилище. Нижняя часть здания (зеленая линия) будет немного более стабильной с точки зрения климатических параметров, чем верхняя (желтая линия), где передвижение материалов коллекции позволит воздуху из зоны станции сбора попасть в хранилище.

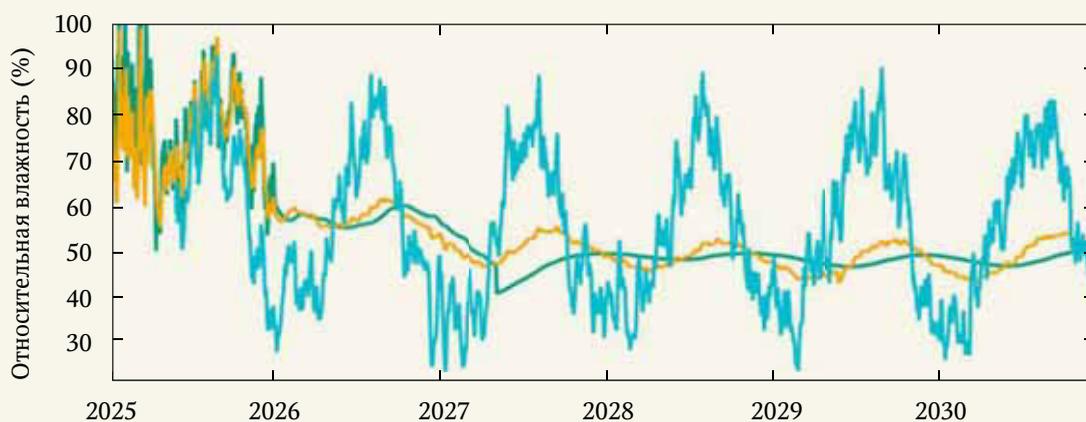
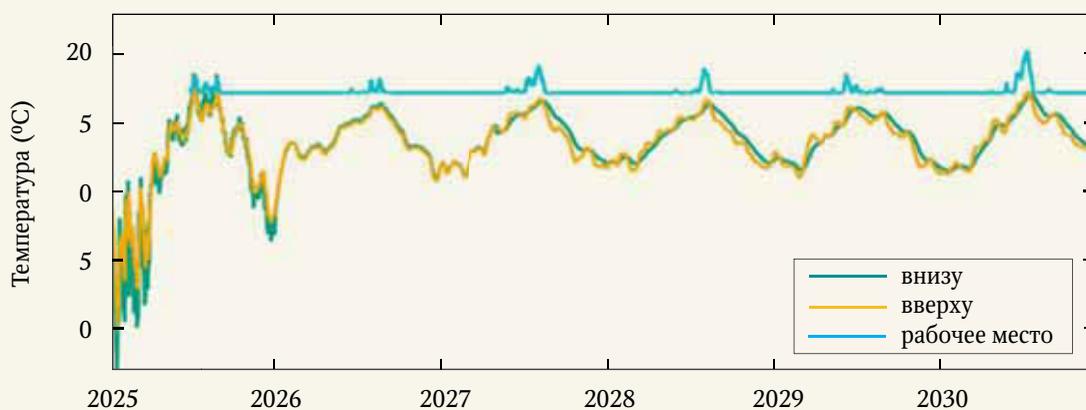


Рис. 5. Вверху: временная шкала проекта строительства и размещения коллекций (по годам и кварталам (Q)).

Внизу: смоделированная температура (верхний график) и относительная влажность (нижний график) в новом хранилище

Чтобы визуализировать климатические изменения, действию которых подвергнутся библиотечные материалы во время перемещения из нынешнего хранилища в новое здание, была создана и смоделирована временная шкала перемещения предмета (книги), наряду с общей временной шкалой. Выявление тех или иных рисков, связанных с

климатическими параметрами, позволит принять соответствующие меры. На рис. 6 проиллюстрирована временная шкала перемещения одной книги. Так, она начинается в текущем местоположении предмета, где данные мониторинга климата за 2019, 2020 и 2021 гг. используются для моделирования исходного состояния непосредственно перед пере-

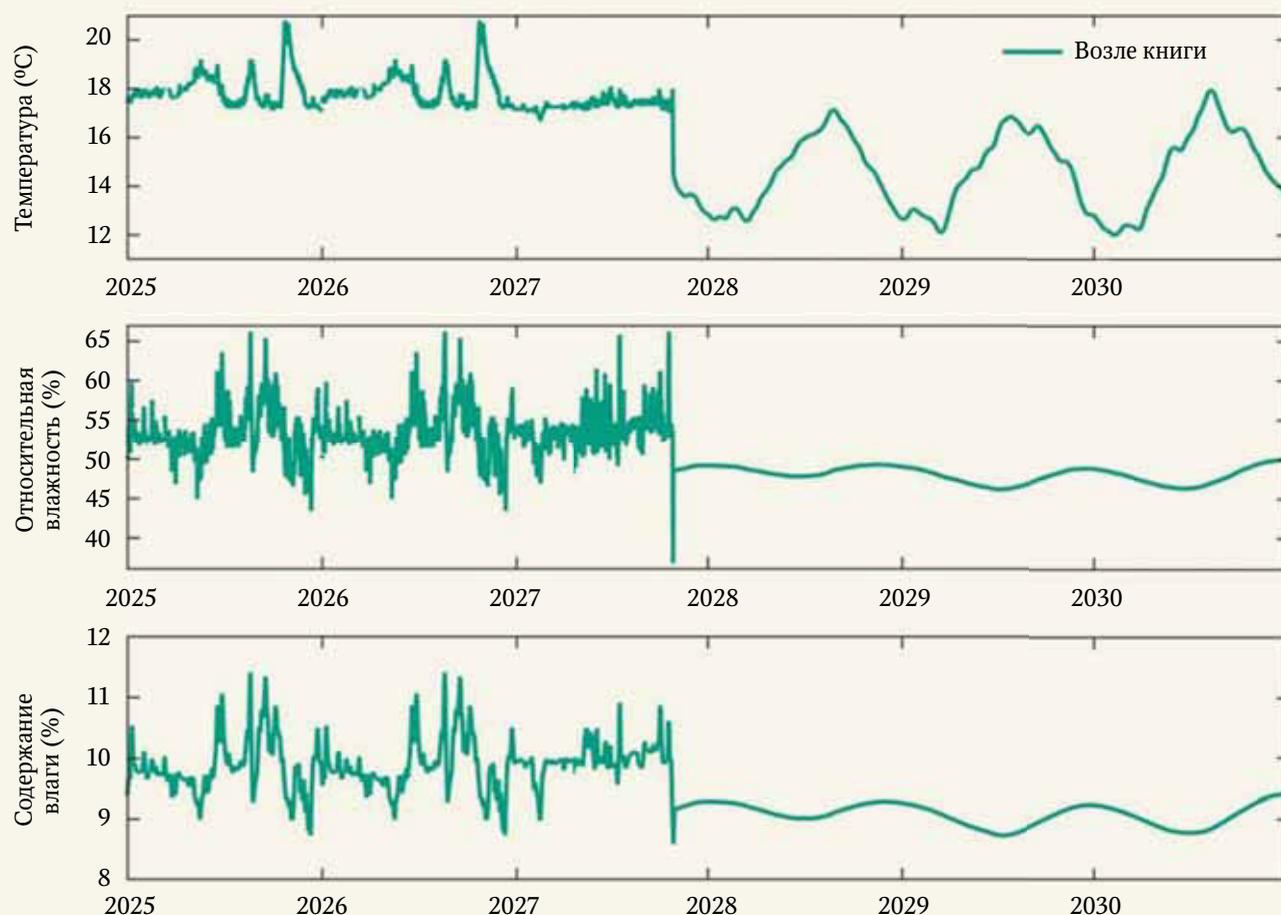


Рис. 6. Смоделированная временная шкала температуры (вверху), относительной влажности (в центре) и рассчитанных на основе скорости реакции показателей содержания влаги (внизу) одной книги до перемещения, во время и после него

мещением документов (температура составляет около $+18^{\circ}\text{C}$, а колебания относительной влажности — около 50–55%). Затем книга будет упакована и отправлена в новое хранилище, при этом одновременно планируется перемещать лишь такое количество книг, которое может быть загружено в ASRS в тот же день. Поступивший предмет будет распакован и помещен в контейнер ASRS. После заполнения контейнера его доставят на соответствующее место в хранилище. Постепенно состояние предмета придет в равновесие с очень медленно меняющейся температурой, которая зависит от времени года, и относительной влажностью, которая практически не имеет краткосрочных колебаний. Первоначальное содержание влаги в книге, согласно оценкам, составляет от 9 до 11% массовой доли, а в новой ситуации оно стабилизируется на уровне около 9% (между 8,6 и 9,4% массовой доли). При этом если во время транспортировки книга рискует оказаться в условиях низкой относительной влажности, то потребуется дополнительная упаковка для обеспечения сохранности предмета.

Следующим этапом моделирования является оценка ряда параметров: проверка гидротермиче-

ской модели путем измерения содержания влаги и скорости реакции библиотечных материалов; моделирование сценариев изменения климата, чтобы убедиться, что хранилище рассчитано на долгосрочное хранение; моделирование извлечения книги из ASRS при запросе в читальном зале, чтобы принять решение относительно целесообразности дополнительных мер по смягчению последствий ущерба, вызванного изменением климатических условий.

Обсуждение результатов

Описанное в данной статье исследование все еще продолжается, однако предварительные результаты оказались чрезвычайно полезными. Так, получено более четкое представление относительно конкретных физических параметров здания, таких как оптимальный уровень изоляции или цвет здания. Кроме того, стал более очевидным потенциал системы с низким содержанием кислорода для удаления избытка влаги. На следующих этапах проекта планируется изучить влияние автоматизированной логистической системы на внутренний климат в помещении, в частности рассмотреть

проблему производства тепла роботом и инфильтрации воздуха при работе станций сбора. Результаты будут использованы при проектировании нового хранилища. Более четкое представление о процессе перемещения коллекций и последующем регулировании климатических условий в дальнейшем выявит потенциальные риски и облегчит разработку мер по их смягчению. Ожидается, что модель также окажется полезной для принятия взвешенных решений относительно необходимости предварительных мер по подготовке коллекций к перемещению.

Библиотека надеется, что данное исследование может помочь аналогичным учреждениям, рассматривающим возможность внедрения «пассивного подхода». Моделирование осуществлялось с использованием программного обеспечения с открытым исходным кодом, которое можно загрузить на веб-сайте Physics of Monuments¹².

Благодарности

Исследование климата является результатом международного сотрудничества KB, компании Helicon Conservation Support, Агентства по вопросам культурного наследия Нидерландов и объединенного хранилища Speicherbibliothek Schweiz. Авторы выражают признательность Хансу Янсену (Hans Jansen), Патрику ван Дейку (Patrick van Dijk) и Марку ван Эгмонду из KB, а также Ульриху Нидереру и Майку Мерки (Mike Märki) из объединенного хранилища Speicherbibliothek Schweiz.

Заявление о раскрытии информации

Авторы заявили об отсутствии потенциально го конфликта интересов.

Финансирование

Представленная работа проводилась при поддержке национальной программы Нидерландов по сохранению бумажного наследия Metamorfoze в рамках гранта MM-20077.

Примечания

- ¹ https://sdgs.un.org/#goal_section (дата обращения: 20.03.2023).
- ² <https://sdgs.un.org/goals/goal4> (дата обращения: 20.03.2023).
- ³ <https://sdgs.un.org/goals/goal9> (дата обращения: 20.03.2023).
- ⁴ <https://sdgs.un.org/goals/goal11> (дата обращения: 20.03.2023).
- ⁵ <https://sdgs.un.org/goals/goal16> (дата обращения: 20.03.2023).

- ⁶ <https://www.kb.nl/en/organisation/research-expertise/long-term-usability-of-digital-resources/history-the-kb-and-digital-preservation> (дата обращения: 17.02.2022).
- ⁷ <https://hdep.library.harvard.edu/about-hd> (дата обращения: 20.03.2023).
- ⁸ <https://www.cerl.org/services/seminars/remotestorage> (дата обращения: 20.03.2023).
- ⁹ <https://www.speicherbibliothek.ch/en/> (дата обращения: 20.03.2023).
- ¹⁰ <https://www.eur.nl/en/library/collections/academic-heritage/randriever> (дата обращения: 20.03.2023).
- ¹¹ https://en.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6ppen_climate_classification (дата обращения: 20.03.2023).
- ¹² www.monumenten.bwk.tue.nl (дата обращения: 17.02.2022).

Список источников

1. Working with Words, Strategic Plan of the National Library of the Netherlands 2019–2022. The Hague : Koninklijke Bibliotheek, 2018. URL: <https://naple.eu/mdocs-posts/working-with-words-the-strategic-plan-of-the-national-library-of-the-netherlands-2019-2022-english/> (дата обращения: 20.03.2023).
2. Contentstrategie: Wat Zijn de Plannen? The Hague : Koninklijke Bibliotheek, 2018. URL: https://www.kb.nl/sites/default/files/documents/kb_contentstrategie_publicversie_def_0.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
3. Weeks D., Chepesiuk R. The Harvard Model and the Rise of Shared Storage Facilities // Resource Sharing & Information Networks. 2003. Vol. 16, № 2. P. 159–168.
4. Payne L. Library Storage Facilities and the Future of Print Collections in North America. Dublin, OH : OCLC Online Computer Library Center, 2007. URL: <https://scirp.org/reference/referencpapers.aspx?referenceid=1028280> (дата обращения: 20.03.2023).
5. Nagy A. The Giant Robots that Serve the World's Largest Library Archives // Gizmodo. 2015. Vol. 29. URL: <https://gizmodo.com/the-giant-robots-that-serve-the-worlds-largest-library-1700712936> (дата обращения: 20.03.2023).
6. Frishert G. Monument Woudestein : Cultuurhistorische Verkenning. Deel 5 : Waardstelling Randriever. Rotterdam : Frishert CEAC Creaties, 2019. 80 p. URL: https://www.eur.nl/sites/corporate/files/2019-09/cultuurhistorische-verkenning-deel-5-randriever-v6.3_def_kl.pdf (дата обращения: 20.03.2023).
7. Michalski S. Double the Life for Each Five-Degree Drop, More Than Double the Life for Each Halving of Relative Humidity // ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting (Rio de Janeiro, 2002). London : James and James, 2003. P. 66–72.
8. Wit De M.H. Hambahse: Heat, Air and Moisture Model for Building and Systems Evaluation. Technische Universiteit Eindhoven, 2006. 112 p. URL: <https://pure.tue.nl/ws/files/1749790/709317.pdf> (дата обращения: 20.03.2023).

Перевод **Марии Федотовой**,
Российская государственная библиотека