

Руководство REHVA по COVID-19, 3 апреля 2020 г. Обновляет редакцию от 17 марта; дальнейшие обновления — по мере необходимости. Эксплуатация инженерных систем зданий для предотвращения распространения вируса SARS-CoV-2, вызывающего COVID-19, на рабочих местах. Введение. REHVA обобщает рекомендации по эксплуатации инженерных систем в районах вспышек COVID-19 с учётом факторов, связанных с отоплением, вентиляцией, кондиционированием и водопроводно-канализационными системами. Это временное руководство, которое может дополняться по мере появления данных. Оно дополняет рекомендации ВОЗ для работодателей и владельцев зданий «Подготовка рабочих мест к COVID-19». Основная аудитория — специалисты по климатическим системам и эксплуатации зданий; материал также может быть полезен специалистам по охране труда и общественному здоровью. Ниже рассмотрены меры в зданиях и объяснены некоторые чрезмерные реакции. Область применения — коммерческие и общественные здания: офисы, школы, торговые и спортивные помещения и т. п., где ожидается лишь эпизодическое присутствие инфицированных людей. Больницы и медицинские учреждения с обычно большей концентрацией инфицированных исключены. Рассматриваются временные, легко организуемые меры в существующих зданиях, продолжающих работать при обычной заполненности. Рекомендации рассчитаны на короткий период, зависящий от длительности местных вспышек. Отказ от ответственности: документ основан на лучших доступных на момент его подготовки данных. Сведения о SARS-CoV-2 во многих вопросах ограничены или отсутствуют, поэтому для рекомендаций использованы данные по SARS-CoV-1 [1]. REHVA исключает ответственность за прямой, косвенный, случайный и иной ущерб, связанный с использованием приведённой информации.

1. За последние два десятилетия произошли три вспышки коронавирусных заболеваний: (i) SARS в 2002–2003 гг. (SARS-CoV-1), (ii) MERS в 2012 г. (MERS-CoV), (iii) Covid-19 в 2019–2020 гг. (SARS-CoV-2). Здесь рассматривается передача SARS-CoV-2. При упоминании вспышки SARS 2002–2003 гг. используется обозначение SARS-CoV-1.

Пути передачи. Для любой эпидемии важны пути передачи возбудителя. В отношении COVID-19 на дату этого документа основными считались крупные капли при чихании, кашле или разговоре и контакт с загрязнёнными поверхностями: рука–рука, рука–поверхность и т. п. Третий обсуждаемый путь — фекально-оральный. ВОЗ косвенно признаёт его возможность для SARS-CoV-2 в техническом сообщении от 2 марта 2020 г. [i], рекомендуя смывать унитаз с закрытой крышкой и не допускать пересыхания напольных сливов и других санитарных приборов: регулярно доливать воду, например каждые 3 недели в зависимости от климата, для сохранения гидрозатворов. Во время SARS 2002–2003 открытые соединения с канализацией оказались путём передачи в жилом комплексе Amoy Garden, Гонконг [ii]. При смыве с открытой крышкой образуется шлейф капель и их остатков. SARS-CoV-2 обнаруживали в образцах фекалий [iii–v]. Сходный случай сообщался в комплексе Mei House. Поэтому фекально-оральный путь исключать нельзя. Через воздух рассматриваются два механизма [vi, vii]. 1. Близкий контакт с крупными каплями >10 мкм, падающими на поверхности примерно в пределах 1–2 м от инфицированного. Капли возникают при кашле и чихании; при чихании частиц обычно больше. Они оседают на ближайших предметах, включая столы. Прикосновение к загрязнённой поверхности, а затем к глазам, носу или рту может привести к заражению. В пределах 1–2 м возможно прямое вдыхание капель при кашле, чихании или выдохе. 2. Воздушная передача мелкими частицами <5 мкм, способными оставаться в воздухе часами и переноситься на большие расстояния. Они также образуются при кашле, чихании и разговоре. Ядра капель или остатки возникают при испарении и высыхании: капля 10 мкм испаряется за 0.2 с. Размер коронавирусной частицы — 80–160 нм [2, viii]; без специальной очистки она может сохранять активность много часов или несколько дней [ix–xi]. По приводимым исследованиям SARS-CoV-2 сохранялся до 3 часов в воздухе помещений и 2–3 дней на поверхностях в обычных условиях [xii]. Мелкие частицы переносятся потоками в комнатах и вытяжных воздуховодах. Воздушная передача SARS-CoV-1 наблюдалась ранее [xiii, xiv]. Для COVID-19 на дату руководства она считалась вероятной, но ещё не документированной; данных, исключающих её, также не было. Один из признаков — выделение SARS-CoV-2 из смывов с вытяжных отверстий в палатах инфицированных пациентов. Поэтому расстояния 1–2 м может быть недостаточно, а усиление вентиляции полезно для удаления частиц [3].

2. 1 нанометр = 0.001 микрометра. 3. Индивидуальная защита органов дыхания, включая респираторы и защитные щитки, выходит за рамки документа.

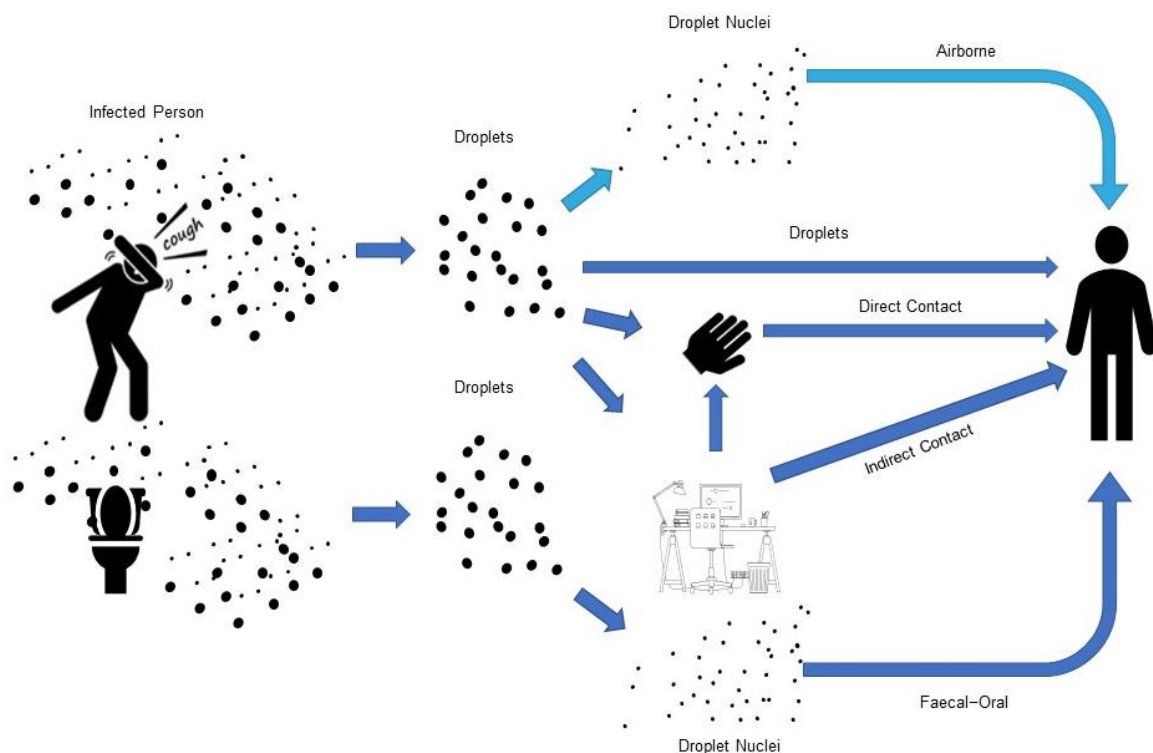


Рисунок 1. Описанные ВОЗ капельные механизмы передачи SARS-CoV-2 показаны тёмно-синим. Светло-синим — воздушный механизм, известный для SARS-CoV-1 и других вирусов гриппа; на дату рисунка специальных опубликованных доказательств для SARS-CoV-2 ещё не было. Рисунок предоставлен Francesco Franchimon. На дату руководства ВОЗ признавала воздушный путь через ядра каплей при больничных процедурах и косвенно — рекомендациями усилить вентиляцию [xv]. По неопубликованным данным Национальной комиссии здравоохранения Китая он возможен при определённых условиях. Японские органы указывали на риск в закрытых помещениях при разговоре с многими людьми на близком расстоянии даже без кашля и чихания [xvi]. Исследование [xvii] сочло аэрозольный путь правдоподобным, поскольку вирус сохранял жизнеспособность в аэрозоле несколько часов. Анализ событий сверхраспространения [xviii] связал большое число вторичных случаев с закрытыми помещениями и минимальной вентиляцией. В проекте статьи [xix] отмечались появляющиеся доказательства воздушного переноса SARS-CoV-2. Вывод: для борьбы с пандемией необходимы меры по всем направлениям. REHVA предлагает, особенно в очагах, принцип ALARA — настолько низкий риск, насколько разумно достижимо — и меры против воздушной передачи в зданиях в дополнение к гигиене ВОЗ из документа о подготовке рабочих мест. Практические рекомендации. Увеличение притока и вытяжки. Для механической вентиляции рекомендуется увеличить время работы: номинальная скорость минимум за 2 часа до начала использования здания, переход на пониженную — через 2 часа после окончания. В системах регулирования по потребности

снизьте уставку CO₂ до 400 ppm для обеспечения номинального режима. Оставляйте вентиляцию включённой 24/7, снижая, но не прекращая воздухообмен при отсутствии людей. В зданиях, освобождённых из-за пандемии, например офисах и учебных корпусах, также рекомендуется непрерывная работа на пониженной скорости. Весной при небольшой потребности в отоплении и охлаждении энергетические затраты ограничены, а вентиляция удаляет частицы из здания и частицы, высвобождаемые с поверхностей. Общий принцип — подавать максимально разумный объём наружного воздуха; ключевой показатель — приток на человека. При сокращении числа работников из-за удалённой работы не собирайте оставшихся на меньшей площади; сохраняйте или увеличивайте дистанцию, минимум 2–3 м, для лучшего действия вентиляции. Вытяжка туалетов должна работать 24/7 с разрежением, в том числе для снижения риска фекально-оральной передачи. Проветривание окнами. Избегайте скученных, плохо проветриваемых помещений. Без механической вентиляции активнее обычного открывайте окна, даже при некотором тепловом дискомфорте: это единственный способ увеличить воздухообмен. При входе можно открыть окно примерно на 15 минут, особенно если до этого присутствовали другие люди. Окна могут усиливать и механическую вентиляцию. В туалетах с естественной шахтной или механической вытяжкой открытое окно может вызвать обратный поток загрязнённого воздуха в другие комнаты; этого следует избегать. Если вытяжка недостаточна и окно туалета приходится открывать, открывайте окна и в других помещениях для сквозного проветривания здания. Увлажнение и кондиционирование. Температура и относительная влажность влияют на жизнеспособность вирусов, образование ядер капель и восприимчивость слизистых. Для некоторых вирусов изменение этих условий ограничивает передачу. Однако по данным, доступным при подготовке руководства, коронавирусы устойчивы к обычным изменениям среды и чувствительны лишь к влажности выше 80% и температуре выше 30 °C [ix–xi], неприемлемым для зданий из-за комфорта и роста микроорганизмов. SARS-CoV-2 сохранял высокую стабильность 14 дней при 4 °C; для инактивации требовались сутки при 37 °C или 30 минут при 56 °C [xx]. При 21–23 °C и влажности 65% также наблюдалась высокая стабильность [xxi]. Вместе с данными по MERS-CoV это указывает на малое либо отсутствующее влияние увлажнения до 65%. Данных о снижении жизнеспособности SARS-CoV-2 при умеренной влажности 40–60% нет; увлажнение НЕ рассматривается здесь как способ его инактивации. Капли 0.5–10 мкм быстро испаряются при любой влажности [xxii]. При очень низкой влажности 10–20% слизистые более восприимчивы к инфекции [xxiii, xxiv], поэтому зимой иногда предлагают увлажнение до 20–30%. Но с марта авторы ожидали влажность внутри европейских зданий выше 30% без увлажнения. Поэтому уставки центрального увлажнения, обычно 25 или 30% [xxv], менять не нужно; наступающей весной эти системы обычно не должны работать. Отопление и охлаждение могут работать

в обычном режиме: прямого влияния на распространение COVID-19 в этом руководстве не установлено, менять уставки обычно не требуется. Безопасное использование рекуперации. При некоторых условиях частицы из вытяжного воздуха могут вернуться в приток через утечки в теплоутилизаторе. Регенеративные воздушные теплообменники, включая роторы и энтальпийные колёса, при плохом проектировании и обслуживании могут иметь значительные перетоки. У правильно настроенных роторов с продувочными секторами утечки около 1–2%, как у пластинчатых. В существующих системах они должны быть ниже 5% и компенсироваться увеличением наружного воздуха по EN 16798-3:2017. Частая ошибка монтажа вентиляторов — повышенное давление со стороны вытяжки; тогда загрязнённый воздух перетекает в приток, иногда порядка 20% [xxvi], что неприемлемо. У правильно спроектированных, установленных и обслуживаемых роторов перенос загрязнений на частицах, включая бактерии, вирусы и грибы, практически отсутствует; перенос относится преимущественно к газам, например компонентам табачного дыма и запахам [xxvii]. Авторы не нашли доказательств переноса вирусосодержащих частиц от 0.1 мкм. Поскольку утечка не зависит от скорости ротора, отключать его не требуется. Нормальная работа облегчает поддержание высокого воздухообмена; относительный переток наибольший при малом расходе, поэтому рекомендуется увеличить вентиляцию. При подозрении на утечки скорректируйте перепад давления заслонками или другим способом либо используйте байпас, если он предусмотрен. Рекомендуется осмотреть рекуператор и измерить перепады давления. Обслуживающий персонал должен соблюдать обычные меры для пыльных работ, включая перчатки и защиту дыхания. При промежуточном теплоносителе или другом теплоутилизаторе со 100% разделением вытяжного и приточного воздуха этот путь передачи отсутствует [xxviii]. Отказ от рециркуляции. Центральные установки с рециркуляцией могут возвращать частицы из обратных воздуховодов. На период SARS-CoV-2 рекомендуется закрыть рециркуляционные заслонки через автоматику здания или вручную. Возникающее снижение мощности охлаждения или отопления авторы считают допустимым ради предотвращения загрязнения и защиты здоровья. Фильтры рециркуляционного воздуха не являются основанием оставлять заслонки открытыми: обычные G4/M5 или ISO coarse/ePM10 [xxix] не обеспечивают эффективность HEPA. При местной циркуляции, например в фанкойлах и индукционных доводчиках, по возможности отключите установки при отсутствии значимой потребности в охлаждении, особенно в помещениях с несколькими людьми, чтобы не поднимать осевшие частицы. Грубые фильтры фанкойлов почти не задерживают мелкие частицы, но могут их накапливать. В оригинале приведена возможность инактивации на поверхности теплообменника нагревом до 60 °C на час или до 40 °C на сутки. Если фанкойлы отключить нельзя, их вентиляторы рекомендуется держать включёнными постоянно,

поскольку частицы могут оседать на фильтрах и вновь подниматься при пуске. При непрерывной циркуляции они удаляются вытяжкой. Очистка воздуховодов. Авторы считают чрезмерными требования специальной очистки воздуховодов ради предотвращения передачи SARS-CoV-2. При соблюдении рекомендаций по рекуперации и рециркуляции система не является источником загрязнения между комнатами. Мелкие частицы с вирусами плохо оседают в воздуховодах и обычно уносятся потоком [xxx]. Обычный порядок очистки и обслуживания менять не требуется; важнее усилить наружный приток и исключить рециркуляцию. Наружные воздушные фильтры. Обсуждалась защита при редком загрязнении наружного воздуха, например при близком расположении выброса и воздухозабора. Современные установки имеют после воздухозабора тонкие фильтры F7/F8 [4] или ISO ePM2.5/ePM1. Отдельная частица коронавируса размером 80–160 нм [viii], PM0.1, меньше диапазона оценки F8, эффективность которого для PM1 составляет 65–90%. Однако часть мелких частиц оседает на волокнах за счёт диффузии; вирус также связан с более крупными частицами. Поэтому стандартные тонкие фильтры обеспечивают разумную защиту при небольшой и эпизодической концентрации вируса снаружи. Более грубые вытяжные фильтры G4/M5 или ISO coarse/ePM10 в секциях рекуперации и рециркуляции защищают оборудование от пыли. Мелкие частицы должны удаляться вытяжкой; см. рекомендацию исключить рециркуляцию. Применяется обычный порядок замены: засорённый фильтр не является здесь самостоятельным источником заражения, но уменьшает приток и ухудшает качество воздуха. Меняйте его при достижении предельного перепада давления, срока или по графику. Авторы не рекомендуют менять тип наружных фильтров или заменять их раньше обычного. При замене, особенно вытяжных фильтров, соблюдайте стандартную безопасность. Считайте фильтры потенциально содержащими активный биологический материал, особенно после случаев инфекции в здании. Отключите систему, используйте перчатки и защиту дыхания, утилизируйте фильтр в герметичном пакете. Комнатные очистители. Удаление частиц может давать эффект, сходный с вентиляцией. Нужна эффективность не ниже HEPA; многие недорогие приборы недостаточно эффективны. Электростатическая фильтрация также может работать хорошо, но это не то же самое, что ионизатор. Из-за ограниченного расхода обслуживаемая площадь обычно мала, часто менее 10 м². Если выбран очиститель, размещайте его близко к зоне дыхания; усиление обычной вентиляции часто эффективнее. Специальное ультрафиолетовое оборудование для приточного или комнатного воздуха также эффективно

4. Устаревшая классификация EN779:2012 заменена стандартом EN ISO 16890-1:2016 «Воздушные фильтры для общей вентиляции. Часть 1: технические характеристики, требования и классификация на основе эффективности по частицам (ePM)».

против бактерий и вирусов, но обычно подходит прежде всего для оборудования медицинских учреждений. Крышки унитазов. При наличии крышки рекомендуется смывать при закрытой крышке, уменьшая выброс капель и их остатков [xxxi, i]. Гидрозатворы должны постоянно сохранять работоспособность [ii]. Проинструктируйте пользователей здания. Практические меры: 1. Обеспечьте вентиляцию наружным воздухом. 2. Включайте номинальную скорость минимум за 2 часа до использования здания; снижайте через 2 часа после окончания. 3. Ночью и в выходные сохраняйте пониженную вентиляцию. 4. Регулярно проветривайте окнами, включая здания с механической вентиляцией. 5. Поддерживайте вытяжку туалетов 24/7. 6. Не открывайте туалетные окна, если это нарушает направление потока. 7. Смывайте с закрытой крышкой. 8. Переведите рециркуляционные установки на 100% наружного воздуха. 9. Проверьте рекуперацию и утечки. 10. Фанкойлы либо отключите, либо оставьте вентиляторы постоянно включёнными. 11. Не меняйте уставки отопления, охлаждения и увлажнения. 12. Не планируйте внеочередную очистку воздуховодов из-за пандемии. 13. Меняйте центральные приточные и вытяжные фильтры по обычному графику. 14. При замене и обслуживании применяйте стандартные средства защиты, включая защиту дыхания. Обратная связь: специалисты могут направить замечания и предложения на info@rehva.eu с темой «COVID-19 interim document».

Колофон

Документ подготовлен группой добровольцев REHVA; первая редакция создавалась 6–15 марта 2020 г. Состав экспертной группы:

Проф. Jarek Kurnitski, Таллинский технический университет, председатель комитета REHVA по технологиям и исследованиям; Atze Boerstra, вице-президент REHVA, управляющий директор bba binnenmilieu; Francesco Franchimon, управляющий директор Franchimon ICM; проф. Livio Mazzarella, Миланский политехнический университет; Jaap Hogeling, руководитель международных проектов ISSO; Frank Hovorka, президент REHVA, директор по технологиям и инновациям FPI, Париж; почётный проф. Olli Seppänen, Университет Аалто. Рецензенты: проф. Yuguang Li, Гонконгский университет; проф. Shelly Miller, Университет Колорадо в Боулдере; проф. Pawel Wargocki, Датский технический университет; проф. Lidia Morawska, Квинслендский технологический университет. Литература. Документ частично основан на обзоре исследований. Использованные статьи и материалы: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_Literature_COVID-19_guidance_document_ver2_20200402.pdf

i WHO, 2020b ii Hung, 2003 iii WHO, 2020a iv Zhang et al, 2020 v Guan W-J et al, 2020 vi Luongo et al, 2016 vii Li et al, 2007 viii Monto, 1974 ix Doremalen et al, 2013 x Ijaz et al, 1985 xi Casanova et al, 2010 xii Doremalen et al, 2020 xiii Li et al, 2005a xiv Li et al, 2005b xv WHO, COVID-19 Technical guidance: Guidance for schools, workplaces & institutions xvii Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare xvii Doremalen et al, 2020 xviii Nishiura et al, 2020 xix Allen and Marr, 2020 xx Chin et al, 2020 xxi Doremalen et al, 2020 xxii Morawska, 2006 xxiii Salah et al, 1988 xxiv Kudo et al, 2019 xxv ISO 17772-1:2017 и EN 16798-1:2019 xxvi Carlsson et al, 1995 xxvii Ruud, 1993 xxviii Han et al, 2005 xxix Fisk et al, 2002 xxx Sipolla MR, Nazaroff WW, 2003. Моделирование потерь частиц в вентиляционных протоках. Атмосферная среда. 37(39-40): 5597-5609. xxxi Best et al. 2012