

УДК 551.521

*Е.Г. МАЛЯВИНА, канд. техн. наук, Д.С. ИВАНОВ, П.А. ЖУРАВЛЕВ, О.Ю. КРЮЧКОВА,
инженеры, Московский государственный строительный университет*

Детали в разработке климатической информации специализированного «типового года»

Исследована потеря точности в приближении к средним многолетним значениям параметров при выборе дополнительного элемента – ветра. Обоснованы выбор параметра влажности воздуха и процедура расчета справочных элементов – влагосодержания и теплосодержания воздуха. Приведены данные для выполненного пересчета интенсивности солнечной радиации на вертикальные различно ориентированные по сторонам света поверхности.

Ключевые слова: дополнительный параметр, справочный параметр, стыковка месяцев.

При проектировании зданий с учетом энергоэффективности в качестве климатической информации района строительства за рубежом широко используют массивы почасовых климатических данных «справочный год» (reference year) – TRY, DRY и др. [1]. Такая информация позволяет делать достаточно подробные расчеты энергопотребления системами поддержания микроклимата в помещениях, в том числе с учетом протекающих теплоинерционных процессов. Поэтому актуальна разработка для Москвы «типового года» (в РФ чаще применяют такое название), содержащего уточненную, с учетом показателей последних 30 лет, расширенную за счет одновременно действующих отдельных параметров и детализированную почасовыми рядами климатическую информацию по методике ISO 15927-4:2005. «Типовой год» представляет собой набор метеорологических и актинометрических элементов, являющихся последовательностями из 8760 почасовых значений. Массив элементов «типового года» состоит из расчетных дополнительных и справочных параметров, которые непосредственно влияют на формирование «типового года» и отражают наиболее представительные значения параметра за рассматриваемую временную выборку. Справочные и дополнительные элементы не участвуют в процедуре формирования «типового года».

Рассмотрение в [2] отдельных задач по определению годового энергопотребления различными системами поддержания теплового режима здания или отдельными аппаратами обработки воздуха позволило дать рекомендации по разработке следующих специализированных «типовых лет»:

1. Год с почасовыми значениями температуры наружного воздуха для расчета утилизации тепла в воздухо-воздушных рекуператорах и регенераторах, а также рекуператорах с промежуточным теплоносителем.

2. Год с почасовыми значениями температуры, относительной влажности и (справочно) с энтальпией и влагосодержанием наружного воздуха для расчета затрат тепловой и электрической энергии, а также воды на обработку воздуха в системах кондиционирования.

3. Год с почасовыми значениями температуры и прямолинейной и рассеянной солнечной радиации (с пересчетом последних двух показателей на восемь ориентаций вертикальных поверхностей) и дополнительно ветра для

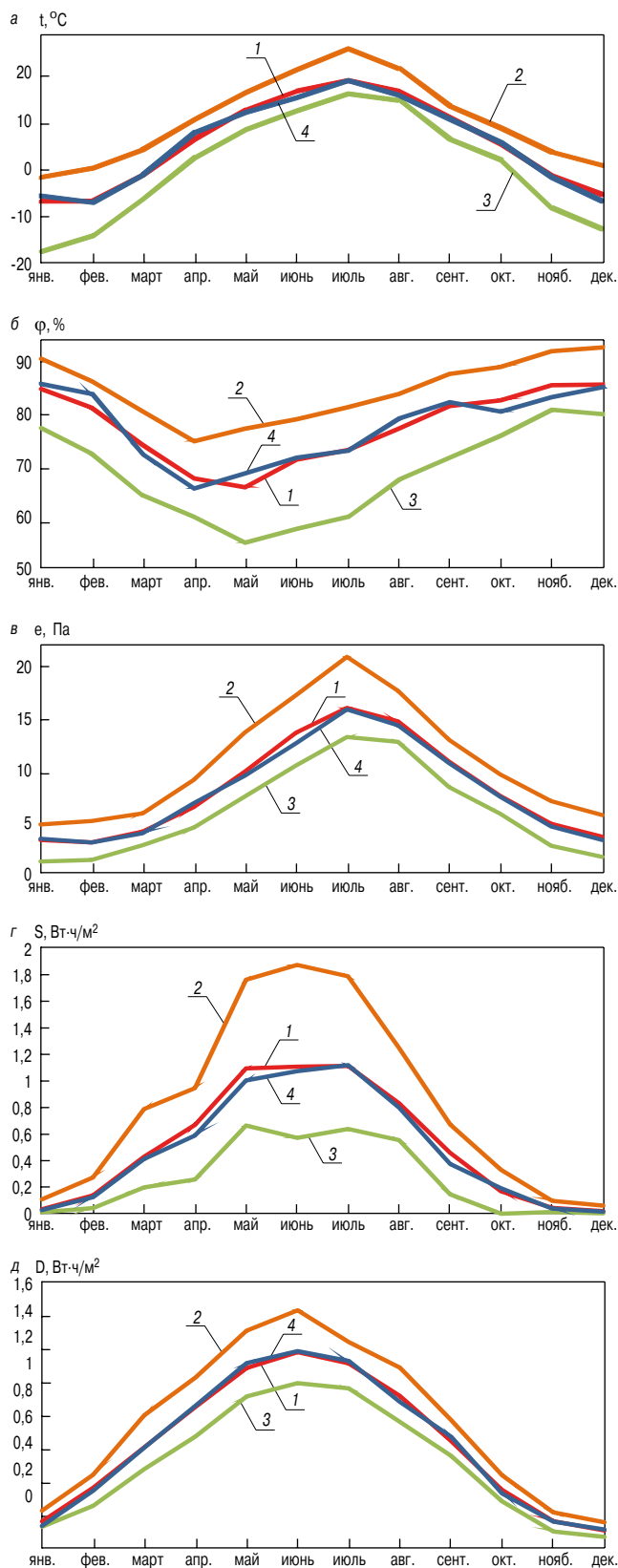
расчета теплопотерь и теплопоступлений (в том числе от солнечной радиации) в здания в течение года.

4. Год с почасовыми значениями температуры и суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и (дополнительно) ветра для определения теплопотерь заглубленных частей здания.

5. Год с почасовыми значениями температуры, относительной влажности и (справочно) с энтальпией и влагосодержанием наружного воздуха и отдельно прямой и рассеянной солнечной радиации (с пересчетом последних двух показателей на восемь ориентаций вертикальных поверхностей) и дополнительно ветра для расчета энергозатрат системами отопления, вентиляции и кондиционирования при совместном расчете с теплопотерями и теплопоступлениями через наружную оболочку здания.

В соответствии с методологией ISO 15927-4:2005 «типовой год» состоит из месяцев разных лет, принятых таким образом, что каждый из дней выбранного месяца и сам месяц в разрезе 30 лет являются статистически наиболее представительными. Это означает, что каждый метеорологический и актинометрический параметр отражает как среднее многолетнее значение для данного месяца, так и средние значения для каждого из дней месяца. Степень приближенности каждого климатического элемента оценивают рангом: месяц с самыми близкими значениями к среднемугодовому имеет ранг 1, следующий – 2 и т. д. В одном году не может быть месяца, у которого все параметры имеют наименьший ранг. Поэтому в качестве приоритетного считается месяц с наименьшей суммой рангов по всем параметрам. Ветер, играющий в процессах формирования тепловой нагрузки на системы поддержания заданного микроклимата в помещениях менее важную роль, чем остальные параметры, включается в «типовой год» дополнительно. Для этого выбирают три года с наименьшей суммой рангов. Из них принимают год, в котором для рассматриваемого месяца средняя скорость ветра ближе всего к средней за принятый к обработке период лет.

Выбранные таким образом месяцы года должны быть состыкованы между собой по каждому метеорологическому и актинометрическому параметру путем линейной интерполяции в течение 16 ч (по 8 ч в каждом из стыкуемых



Сравнение средних за месяц значений параметров «типичного года» № 5 со своими средние многолетними, максимальными и минимальными значениями: а – для температуры наружного воздуха; б – для относительной влажности; в – для парциального давления водяного пара; г – для интенсивности прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность; д – для интенсивности рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность; 1 – средняя многолетняя; 2 – максимальная; 3 – минимальная; 4 – «типичной год»

месяцев), в том числе и для декабря – января. Стыковка выполняется во избежание образования скачков параметра при проведении расчетов на основе «типичного года».

Исходными данными для разработки «типичных годов» служат метеорологические хронологические ряды. Обычно доступными для обработки являются ряды средних суточных, месячных и годовых значений метеорологических элементов. По реперным метеорологическим станциям, данные которых подлежат международному взаимному обмену, информация содержится на сайте <http://meteo.ru>. Более подробные метеорологические данные (по срокам наблюдений и особенно почасовые записи самописцев) труднодоступны и выдаются по запросам на коммерческой основе.

Для обработки авторам была предоставлена детальная метеорологическая информация (высокого временного разрешения), составленная во ВНИИГМИ-МЦД, за 30 лет с 1981 по 2010 гг. в виде восьмисрочных в сутки наблюдений с замерами через три часа (в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 ч) по станции Москва, ВДНХ. Расположение станции 55,83 град северной широты, долгота 37,62 град, высота над уровнем моря 147 м.

Актинометрическая информация за 30 лет с 1981 по 2010 г. была дана по станции МГУ суммарно в виде часовых сумм и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность, МДж/м² (за 14 лет есть более полные данные), по данным самописцев. Расположение станции МГУ 55,8 град северной широты, долгота 37,6 град, высота над уровнем моря 167 м.

Так как метеорологические данные в файле первичной информации приведены через три часа, а требуется представить почасовые значения, необходимо выполнить интерполяцию внутри трехчасовых интервалов, как этого требует процедура ISO 15927-4:2005. При этом возникает сложность с интерполяцией направления ветра. Невозможно провести интерполяцию между штилем, не имеющим направления, и каким-либо направлением ветра. В таких случаях принято считать, что в час, ближайший к штилю, принимают штиль, а в час, ближайший к ветру определенного направления, – ветер этого направления.

По рекомендации ГГО выбор месяца для учета влажности наружного воздуха осуществляли по парциальному давлению водяного пара, e , Па. Это удобнее, чем учет относительной влажности воздуха ϕ , %, так как ϕ в пределах одного месяца изменяется в довольно узком диапазоне, что приводит к потере точности при обработке. В то же время для «типичного года» требуется задание относительной влажности воздуха ϕ . К сожалению, ϕ и e , полученные из замеров на метеостанции, неточно соответствуют друг другу. Во избежание неправильного понимания этого аспекта парциальное давление из «типичного года» исключено.

Установлен ряд случаев с большим расхождением среднемесячного значения относительной влажности в выбранном году и среднемноголетнего значения. Для этих месяцев пришлось сделать выбор по трем параметрам: температуре, относительной влажности и парциальному давлению. К таким месяцам относятся: в «типичном году» № 2 июнь, в котором пришлось заменить исходный 2001 на 2008 г., и сентябрь, где выполнена замена 1981 на 1991 г. В «типичном году» № 5 пришлось изменить июнь 2001 на июнь 2008 г.

С осторожностью следует подходить к рекомендации норматива процедуры обработки климатической информации в отношении дополнительного учета скорости ве-

тра. В Москве средняя за месяц скорость ветра по годам с высоким рангом изменяется незначительно. Поэтому с целью уточнения скорости ветра на 0,15 м/с и менее можно ощутимо потерять точность в других более значимых для расчета параметрах. Такая ситуация проявилась в обработке для апреля в «типовом году» № 4 сочетания температуры и суммарной солнечной радиации. Без учета ветра наиболее близким к среднепогодным данным выявился 1994 г. (ранг по температуре 1, ранг по радиации 4). Наиболее близким по среднемесячной скорости ветра оказался стоящий без учета ветра на 3-м месте 1984 г. (ранг по температуре 8, ранг по радиации 7). Так как уточнение скорости ветра (средняя многолетняя 1,525 м/с, в 1994 г. 1,67 м/с, в 1984 г. 1,5 м/с) составляет всего 0,145 м/с, было решено не жертвовать рангами более значимых параметров и оставить 1994 г. По этой же причине в «типовом году» № 5 с сочетанием большого числа элементов: температуры, парциального давления, прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность месяцы выбраны без учета скорости ветра, то есть ветер приведен справочно, не являясь дополнительным параметром.

Для расчета процессов увлажнения и осушения воздуха климатическая информация должна содержать данные о совместном изменении температуры и влажности наружного воздуха. В таблицах метеоданных имеются значения температуры, относительной влажности и атмосферного давления. Так как специалисты по кондиционированию воздуха в расчетах используют теплосодержание и влагосодержание воздуха, выполнен пересчет и определены эти параметры. Для этого сначала найдено давление насыщенных водяных паров с учетом температуры наружного воздуха по известным формулам, а затем в соответствии с этим давлением, относительной влажностью и атмосферным давлением рассчитано влагосодержание и теплосодержание воздуха.

Интенсивность солнечной радиации в исходной информации была представлена значениями рассеянной и суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Для ряда лет имеются значения прямой радиации на плоскость, перпендикулярную лучам.

Интенсивность солнечной радиации необходимо учитывать в виде прямой и рассеянной отдельно, так как, во-первых, в расчетах теплоступлений учитывается разный характер радиации и, во-вторых, требуется пересчитать интенсивность солнечной радиации с падающей на горизонтальную поверхность на падающую на вертикальные поверхности. Вертикальные поверхности разно ориентированы относительно сторон света. Так как пользователи «типового года» не всегда могут грамотно осуществить этот пересчет, показатели солнечной радиации на вертикальные поверхности предусмотрены в составе «типового года» справочно.

Интенсивность рассеянной радиации на вертикальные поверхности обычно рассчитывается как половина от падающей на горизонтальную поверхность. Пересчет прямой солнечной радиации на вертикальные поверхности $Q_{\text{прям. верт}}$ (Вт·ч)/м², осуществляется исходя из данных об интенсивности прямой солнечной радиации $Q_{\text{прям. норм}}$ (Вт·ч)/м², падающей на перпендикулярную солнечным лучам плоскость:

$$Q_{\text{прям. верт}} = Q_{\text{прям. норм}} \cos \theta,$$

где θ – угол между солнечным лучом и нормалью к горизонтальной, наклонной или вертикальной поверхности, град.

Месяц	«Типовой год» по				
	температуре	температуре и влажности	температуре, прямой и рассеянной радиации*	температуре и суммарной радиации*	температуре, влажности, прямой и рассеянной радиации*
Январь	2000	1991	2003	2003	2009
Февраль	2004	2004	1999	2003	2004
Март	1997	1997	1997	1997	1997
Апрель	1994	1993	1990	1994	1990
Май	1985	1985	1989	1989	2006
Июнь	2009	2008	2005	1987	2008
Июль	1989	1989	1989	1992	1989
Август	1995	1981	1989	1997	1989
Сентябрь	1988	1991	1991	1991	1991
Октябрь	1994	1990	1999	1998	1996
Ноябрь	2001	1989	2002	2002	2002
Декабрь	1989	1989	1991	1991	1985

* ветер учтен как дополнительный или справочный элемент.

Этот угол зависит от:

- широты местности, град. Станция МГУ, актинометрические данные которой в работе использованы, находится на широте 55,8 град;
- азимута определенно ориентированной относительно стороны света вертикальной или наклонной поверхности, град; угол, составляемый нормалью к вертикальной поверхности определенной ориентации с направлением юг – север. Азимут измеряется от 0° до 180° и считается положительным в направлении от юга к западу и отрицательным – от юга к востоку. Поэтому углам 0°, 45°, 90°, 135°, 180° соответствуют ориентации: юг, юго-запад, запад, северо-запад, север. Отрицательным углам -45°, -90°, -135° соответствуют юго-восток, восток, северо-восток;
- угла наклона Δ поверхности к горизонту, град; для горизонтальной поверхности $\Delta=0^\circ$; для вертикальной $\Delta=90^\circ$;
- часового угла, град, отсчитываемого от полудня по истинному солнечному времени от 0° до 360° от юга через запад к востоку; каждый час соответствует часовому углу, равному 15°; таким образом, 12 часам соответствует 0°, 15 часам – 45°, 24 часам – 180°, 9 часам – 315°.
- склонения солнца, град; ежедневные значения склонения солнца доступны по справочникам.

На основании обработки первичной климатической информации получены специализированные « типовые годы », из которых выбраны месяцы для специализированных « типовых лет » (см. таблицу).

Согласованность значений параметров принятых месяцев со своими средними многолетними значениями показана на рисунке.

Список литературы

1. *Oko C.O.C. and Ogoloma O.B.A.* Generation of a typical meteorological year for Port Harcourt zone // Journal of Engineering Science and Technology. April 2011, vol. 6 (2). Pp. 204–214.
2. *Гагарин В.Г., Иванов Д.С., Малявина Е.Г.* Разработка климатической информации в форме специализированного « типового года » // Вестник ВолгГАСУ, серия «Строительство и архитектура». Вып. 31 (50), ч. 1: «Города России. Проблемы проектирования и реализации», 2013. С. 343–349.