УДК 628.221

© Д. С. Петренко, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: altcreaw@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-1-105-113

© D. S. Petrenko, undergraduate
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: altcreaw@gmail.com

КРИТИКА РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЖДЯ, СПОСОБОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

CRITICAL REVIEW OF THE DESIGN AND METHODS FOR OBTAINING AND PRESENTING CHARACTERISTICS OF RAINFALL

Рассматриваются основные и альтернативные источники информации об осадках. Приводится сравнение расчетных характеристик дождя в Санкт-Петербурге, полученных в разное время различными исследователями, с данными автора, полученными обработкой рядов наблюдений за 1897–1990 гг. В ходе анализа расхождений выявлены две причины ошибок: неудачный подбор уравнений регрессии и обработка неполной серии данных. Обе причины вызваны стремлением упростить анализ данных и дальнейшие расчеты, поэтому являются препятствиями, которых следует избегать при актуализации характеристик осадков.

Ключевые слова: осадки, интенсивность дождя, статистический анализ, дождевая канализация, поверхностный сток, городская гидрология.

The article considers the main and alternative sources of data regarding precipitation. The author presents an analysis results of design rainfall characteristics in Saint Petersburg obtained at different times by different researchers in comparison with the data obtained by computer processing of the observation data covering the period 1897–1990. The analysis of discrepancies has identified two causes of errors: poor selection of regression equations and partial data processing. They were caused by the wish to simplify the data processing and further calculations; therefore they were obstacles one should avoid at updating the precipitation characteristics data.

Keywords: precipitation, rainfall intensity, statistical analysis, storm-water sewers, surface run-off, urban hydrology.

Контроль и планирование инфраструктуры города сопряжены со множеством различных факторов, с которыми приходится считаться. Немаловажным фактором является природная среда и ее изменчивость. В метеорологической информации нуждаются авиация, автомобильный и железнодорожный транспорт, коммунальные службы городов, а также строительное и сельскохозяйственное производство.

В отведении поверхностного стока интенсивность выпадения осадков является определяющей величиной, что, в свою очередь, заставляет пересмотреть устаревшие климатические дан-

ные, на которые опираются инженеры при расчетах. В XXI веке уровень обеспеченности данным видом информации достиг значительных высот. Во многих передовых странах характер увлажнения, вычисленный на основе многолетних наблюдений, представлен в виде геоинформационной системы (наиболее характерный пример — атлас осадков США¹).

Необходимые при проектировании систем водоотведения характеристики дождей могут

¹ NOAA Atlas 14 Point Precipitation Frequency. URL: <https://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/> (дата обращения: 10.10.2017).

быть получены из СП 32.13330.2012 или рекомендаций «НИИ ВОДГЕО». Примечательно, что интенсивность дождя в этих документах представлена в виде карты с изолиниями, в точности скопированной из старого СНиП II-32-74 (в СП эти карты незначительно скорректировали: после распада СССР изменились границы государства и названия некоторых городов). Остальные характеристики, а именно табл. 9 и формула (13)² без изменений переключались из СНиП 2.04.03-85. Это говорит о том, что актуализация климатических характеристик на самом деле не производилась, в связи с чем хочется акцентировать внимание проектировщиков на п. 7.4.2 действующего свода правил, который призывает обращаться за информацией в местное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС).

Очевидно, что степень изученности режима выпадения осадков на территории страны напрямую зависит от периода наблюдений и густоты гидрометеорологической сети. Современной России досталась в наследство сеть станций, имеющая внушительный возраст, но недостаточную (для своей территории) плотность; многие станции после развала Советского Союза прекратили свое существование, оставшаяся часть работает на устаревшем оборудовании (например, плювиограф П2). Это создает определенные трудности при определении прикладных характеристик осадков. Еще одной проблемой является их междисциплинарный характер, который стоит пояснить в свете прошлых исследований, которые велись параллельно в Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова (ЛНИИКХ) и Государственном гидрологическом институте (ГГИ).

Инициатива в исследовании интенсивности дождя, как в отечественной, так и в зарубежной практике, исходит от гидрологов и инженеров-строителей, которые используют гидрометеорологические характеристики при решении прикладных задач и расширяют тем самым границы своей дисциплины. Специалисты ЛНИИКХ обрабатывали исходные записи дождей с целью разработки методик и норм расчета дождевой канализации, в ГГИ предпринимались те же са-

мые действия для разработки методик расчета паводка рек. Предлагаемая в СП 32.13330.2012 и СНиП 2.04.03-85 формула расчета средней интенсивности дождя объединяет результаты этих исследований. Ее можно представить следующим образом:

$$q = q_{20} \left[\frac{20}{t} \right]^n \cdot \left[1 + \frac{\lg P}{\lg m} \right]^\gamma, \quad (1)$$

где t — продолжительность расчетного дождя, мин; P — период однократного превышения интенсивности расчетного дождя, годы; q_{20} — средняя интенсивность дождя продолжительностью 20 мин при $P = 1$ год; γ , m , n — параметры; q — средняя интенсивность расчетного дождя за интервал t , наблюдаемая раз в P лет.

Первый множитель и связанные с ним параметры относятся к трудам ЛНИИКХ [9, 10]. Зависимость $q(t)$ была представлена советскими учеными одной из пригодных для этого формул:

$$q = \frac{A}{t^n}. \quad (2)$$

Использование установленной зависимости позволяет по опорной точке ($q; t$), зная параметр n , определить искомое значение q , что и делает первый множитель в формуле (1). Второй множитель имеет отношение уже к трудам ГГИ [1]. Несмотря на то что в ЛНИИКХ велась работа по установлению зависимости $q(P)$, в ГГИ с этой задачей справились раньше, поэтому формулы Г. А. Алексеева были адаптированы к расчету интенсивности осадков для целей проектирования дождевой канализации. Первая редакция СНиП 1962 года содержала множитель $(1 + C \lg P)$, который связан с ранними трудами Г. А. Алексеева начала 1940-х гг. В дальнейшем сам автор подвергает эту зависимость критике [1], и в начале 50-х гг. предлагает новую зависимость, которая с некоторым опозданием нашла место в редакции СНиП 1985 года.

По мере накопления статистического материала многие специалисты стали отмечать несоответствие предлагаемых в СНиП II-Г.6-62 и СНиП II-32-74 характеристик дождей и данных ГМС [2, 3, 6, 7]. Предпринимались попытки актуализировать данные об интенсивности выпадения осадков, и среди них стоит особенно выделить работу А. М. Курганова [8]. В 1982–1984 гг., используя данные ГМС по суточным

² СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., 2012.

слоям осадков и ординаты кривых редукции, полученные в ГГИ, были определены интенсивности q_{20} для периодов превышения 0,33; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 и 50 лет. А. М. Курганов подтвердил значительное расхождение (до 100 %) параметра q_{20} (при $P = 1$ год) с действующим на тот момент СНиП II-32-74.

Причины расхождений карт интенсивности СНиП II-32-74 с пособием [8] и данными ГМС до сих пор не были освещены. Каждая методика получения климатической информации, будь то метод ЛНИИКХ или ГГИ, имеет ряд недостатков, которые искажают фактический результат, зачастую в меньшую сторону. В качестве примера рассмотрим ряд наблюдений за ходом дождей в Санкт-Петербурге и сопоставим результаты расчетов различных авторов (см. таблицу). Интенсивность дождя q_{20} (при $P = 1$ год) по таблицам [8] равна 70,8 л/(с · га). Ранее, в 1940-х гг., ГГИ получил значение 76 л/(с · га). По данным ЛНИИКХ значение интенсивности равно 67 л/(с · га), при сглаживании кривой $q(t)$ ($A = 384$, $n = 0,62$; для $P = 1$) было сокращено до 60 л/(с · га) [9, 10].

Автором был проведен анализ данных на основе доступных рядов наблюдений за период 1937–1990 гг.³ Ряд был представлен записями информации о дождях, общий слой осадков которых превосходит 10 мм, поэтому результат его обработки определенным образом отличался от результатов обработки полного ряда.

Чтобы исправить полученные результаты⁴, использовались данные Водного кадастра СССР и полусуточные суммы осадков, полученные во Всероссийском НИИ гидрометеорологиче-

ской информации — Мировом центре данных (ВНИИГМИ-МЦД). Кривая интенсивности для периода превышения 1 год представлена на рис. 1.

Первая причина расхождений — выбор уравнения регрессии; в интервале значений t от 5 до 300 мин подгонка уравнения (2) дает среднеквадратичное отклонение σ порядка 10–15 %, но если нижний предел изменить на 20 мин, то отклонение σ сократится до 2–4 % [8]. Наибольшие отклонения отдельных точек наблюдаются при $t < 20$ мин, из чего следует вывод: уравнение (2) пригодно для аппроксимации кривых интенсивности лишь в интервале t от 20 до 300 мин. Существует ряд более гибких формул (3) и (4), с помощью которых можно точно описать кривую интенсивности в интересующем нас интервале t для любого периода превышения:

$$q = \frac{A}{t^n + b}; \quad (3)$$

$$q = \frac{A}{(t + b)^n}. \quad (4)$$

Однако проблема кроется не только в выборе уравнения. Точно заданная (с ошибкой менее 10 %) поверхность значений $q(t;P)$, как правило, описывается бесчисленным количеством параметров, что делает подобную интерпретацию данных бессмысленной — исходное множество эмпирических данных заменяет такой же объем различных коэффициентов. В США (как и в Англии) до середины 1930-х годов использовали уравнение вида $q = a/(t + b)$ [14], затем был предложен ряд более сложных зависимостей, но в конечном счете в справочных документах стали приводить несглаженные кривые и составленные по ним карты осадков [12, 13]. Такой подход обладает очевидным преимуществом: точность приведенных характеристик зависит лишь от качества данных на станции. Используемые упро-

³ Источники: 1. Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 3. Л.: Гидрометеиздат, 1961; 2. Метеорологический ежемесячник СССР. Вып. 3. С-З УГМС. Л.: ЛГМО, 1961–1990.

⁴ Статья о данной процедуре готовится к отправке в журнал «Ученые записки РГГМУ». — Прим. авт.

Средняя интенсивность дождя, л/(с · га), за различные интервалы при $P = 1$

Интервал t	5	10	20	30	40	60	90	120	180
Справочное пособие [8]	195	117	71	53	43	32	24	19	14
ГГИ сгл. [9]	175	117	76	58	48	37	28	23	18
ЛНИИКХ эмп. [9]	127	110	67	48	40	30	22	18	13
ЛНИИКХ сгл. [9]	142	92	60	47	39	30	24	20	15
Данные ГМС (авт.)	155	115	78	60	49	36	27	21	15

Рис. 1. Аппроксимация кривой интенсивности дождя

щения уже не оправдывают себя, поэтому, учитывая нынешние возможности вычислительной техники, есть смысл пересмотреть или совсем отказаться от привычных зависимостей в пользу более точных уравнений или же в пользу несглаженных данных.

Следующий фактор, влияющий на характеристики осадков, о котором необходимо упомянуть, это метод отбора данных. Об использовании всего массива информации в середине прошлого века не могло быть и речи. Огромные затраты человеческого труда при ручной обработке метеоданных вынуждали искать обходные пути и жертвовать точностью ради экономии времени. Можно привести в пример опыт США, где поначалу подвергали анализу дожди, превышающие норму интенсивности в своем интервале. На смену этому критерию пришла выборка годовых максимумов, которая приводила к полной серии введением поправочного коэффициента для периодов превышения 2, 5 и 10 лет [13]. Более редкие события не требовали поправок.

В нашей стране специалисты ГГИ проводили свои исследования на основе расшифровок дождей с общим слоем >10 мм [11]. С учетом специализации института анализу подвергались годовые максимумы с предположением, что ряды сумм осадков отвечают закону распределе-

ния независимых событий Пуассона. Даже когда это верно, выборка дождей с общим слоем более 10 мм занижает фактические суммы осадков за короткие интервалы времени. Покажем это на примере данных со станции Ленинград, ГГО за 1897–1935 гг.⁵ Как известно, Водный кадастр СССР содержит суммы осадков, превышающие норму Берга в заданном интервале, поэтому они образуют усеченную и неискаженную кривую, что для нас наиболее важно. На рис. 2 видно, что происходит при отбрасывании дождей с общим слоем меньше некоторого фиксированного значения.

Начиная с определенного значения повторяемости наблюдается снижение расчетной интенсивности относительно исходной кривой, и для разных интервалов времени это значение варьируется. При уменьшении интервала t величина отклонения возрастает, причем для частых дождей в большей мере. Это нетрудно объяснить: затяжные и слабоинтенсивные дожди всегда попадают в выборку, так как успевают набрать пороговый слой осадков; при этом короткие ливни в выборку не попадают, хотя средняя интенсивность за дождь (как и за отдельные промежутки времени) будет превосходить среднюю интенсивность большинства обложных дождей.

⁵ Ливни на территории СССР. ГГИ — Водный кадастр СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1940.

Важно отметить, что используемый изначально в ГГИ критерий стал применяться ГМС для отбора публикуемых записей плювиографов. С учетом того что ленты самописцев не сохранялись, это привело к фактической утрате большого числа записей. Это обстоятельство не сильно сказывается на результате работ ГГИ, а именно предложенных Г. А. Алексеевым кривых редукции осадков, так как эти кривые определены для двух интервалов обеспеченности: 1–25 % и 25–50 % [11]. Однако в таблицах [8] фигурируют все четыре интервала, а значит, при получении расчетных параметров в интервалах $0,7 < P < 1,4$ и $P < 0,7$ были использованы заниженные слои осадков. Использование выборки по критерию служило единственной цели: упростить расчеты. Теперь же обработка больших массивов сводится лишь к разработке алгоритма, что ставит под сомнение эффективность данного приема.

Два вышеназванных фактора — неудачная математическая интерпретация и неполная выборка данных — характерны для всех источников расчетных характеристик дождей. От первого в большей степени страдают данные

СП 32.13330.2012, от второго — таблицы [8]. Однако последние могут быть надежным источником, если речь идет о событиях с периодом превышения $P > 1,4$. В интервале времени от 20 до 200 мин таблицы [8] дают более точные значения, что видно на рис. 3. В интервалах менее 20 мин надежность падает, что связано с использованием уравнения (2), которое наиболее плохо описывает именно этот участок зависимости $q(t)$ [8].

В кругу специалистов укоренилась мысль, что актуализация климатических данных целиком и полностью лежит на плечах Росгидромета. Это идет вразрез с историей, ведь изучение *специализированных* характеристик интересовало метеослужбы в последнюю очередь. Более чем вероятно, что при актуализации прибегнут к принятым способам обработки и представления данных, которые практиковались в прошлом специалистами соответствующего профиля. Это подтверждается на примере руководства [5], которое повторяет методику расчета и представления интенсивности дождя, а также на примере диссертации [4], в которой полные ряды наблю-

Рис. 2. Кривые 5-минутной интенсивности выпадения осадков

Рис. 3. Кривые интенсивности выпадения осадков за различные интервалы t в Санкт-Петербурге: а — при $t = 10$ мин; б — при $t = 20$ мин; в — при $t = 40$ мин

дений были урезаны по критерию «слой за дождь более 10 мм» (при этом для Санкт-Петербурга было получено значение интенсивности $q_{20} = 68 \text{ л/(с} \cdot \text{га)}$, что практически совпадает с ранее полученными данными ЛНИИКХ). В свете изложенного ставится вопрос не о том, как нужно представить прикладные характеристики дождей, а о том, как их не следует представлять. В первую очередь, и проектировщики должны быть к этому готовы, не обязательно пытаться выразить данные математически. Это усложняет их подготовку и снижает точность расчетов. Во-вторых, необходимо отказаться от применения критериев и обработки неполной серии данных. Во всех случаях их применение оправдывалось упрощением последующей обработки, что в нынешнее время потеряло свою актуальность.

Заключение

При проектировании важно владеть достоверными исходными данными, в число которых входят климатические характеристики. В области водоотведения их недостаток ощущается крайне остро; изменяющийся климат, непрерывная урбанизация и рост городов еще более усложняют организованный отвод дождевой воды. Наиболее массовое строительство подразумевает использование доступной информации, которую и предлагает СП 32.13330.2012 в виде карты интенсивности выпадения осадков 50-летней давности; при этом нет никаких упоминаний о том, на основе каких данных была составлена эта карта.

Точность расчетных характеристик дождя напрямую зависит от продолжительности наблюдений на отдельных станциях. Минимально допустимой длиной ряда считается период в 25–30 лет; некоторые же авторы полагают, что эта величина должна быть не менее 40–50 лет. При рассмотрении материалов [11] можно заметить, что средний период наблюдений большинства станций составляет всего 15 лет; несколько десятков из них превосходят 25-летний порог и лишь единицы достигают 40 лет наблюдений. Именно эти данные послужили основой при составлении карт интенсивности дождя и таблиц [8] с разницей в способе обработки.

Количество дождей, фиксируемых самописцем на станции, может достигать до нескольких сотен; при этом расшифровке подвергаются

лишь те записи, слой осадков по которым превосходит 2,5 мм. Среди числа расшифрованных записей публиковались лишь те, которые использовались ГГИ при подготовке материалов [11], т. е. соответствующие критерию «слой за дождь более 10 мм». Использование этого критерия практически не влияет на величину расчетной интенсивности обеспеченностью ниже 50 %, но ощутимо занижает ее в интервалах t менее 120 мин для более частых событий. Сложившиеся приемы обработки данных (выборка годовых максимумов из ограниченного числа записей) некогда сокращали объем вычислений и затраты труда на расшифровку в ущерб точности полученных величин. В современных же условиях более целесообразно проводить анализ *полной серии данных* для отдельных станций; при этом математическая интерпретация результатов не является обязательной, так как не выполняет первоначальной функции — упростить ручные расчеты.

На данный момент самым надежным источником данных о режиме выпадения осадков на отдельных станциях является Росгидромет; следом можно поставить таблицы [8], которые допустимо использовать при периоде однократного превышения интенсивности расчетного дождя $P > 1,4$ года взамен данных СП 32.13330.2012. Для любого населенного пункта, в котором наблюдения не производятся, допустимо использовать данные близлежащей метеостанции, если расстояние до нее не превышает 80–100 км; в противном случае получить эти данные без атласа осадков не представляется возможным. В других странах (США, Великобритания) работы по актуализации и картированию данных не прекращаются до сих пор⁶, поэтому создание такого атласа является одним из перспективных направлений деятельности для гидрометслужбы РФ, в котором заинтересованы многие специалисты — потребители этих данных.

Библиографический список

1. Алексеев Г. А. Расчет дождевых осадков на основе применения кривых и поверхностей распределения вероятностей // Труды ГГИ. 1950. Вып. 26 (80). С. 28–93.

⁶ NOAA Atlas 14 Point Precipitation Frequency. URL: <https://hdsc.nws.noaa.gov/hdsc/pfds/> (дата обращения: 10.10.2017).

2. Алексеев М. И., Курганов А. М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий. М.: АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. 352 с.

3. Вигурский П. М. Ливневой сток и его учет при проектировании систем водоотведения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 1973. 32 с.

4. Иванова Е. В. Специализированные характеристики интенсивности осадков для прикладных целей: дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2011. 117 с.

5. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / под ред. Н. В. Кобышевой. СПб.: ГГО, 2008. 336 с.

6. Кичева Т. Д. Дождевые сточные воды с городских территорий Нижнего Поволжья // Водоснабжение и санитарная техника. 1985. № 6. С. 23–24.

7. Курганов А. М. О расчетных интенсивностях дождя в системах отведения поверхностных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1981. № 2. С. 13–15.

8. Курганов А. М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения. М.: Стройиздат, 1984. 110 с.

9. Молоков М. В. Вывод формул интенсивности дождей для расчета ливнеспусков новой канализации Ленинграда // Труды ЛНИИХХ. Санитарная техника. Сб. работ. 1949. Вып. 1 (4).

10. Молоков М. В. Методы определения интенсивности дождей при расчете дождевых канализаций // Труды ЛНИИХХ. Санитарная техника. Сб. работ. 1949. Вып. 1 (4).

11. Материалы по расчетным характеристикам дождевых осадков / под ред. А. И. Чеботарева. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 396 с.

12. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves For Selected Stations // Technical Paper № 25. U.S. Department Of Commerce. Weather Bureau. Washington, D.C. 1955.

13. Frederick R. H., Myers V. A., Auciello E. P. Five- to 60-Minute Precipitation Frequency for the Eastern and Central United States // NOAA Technical Memorandum NWS Hydro-35, National Weather Service, Silver Spring, Md., 1977.

14. Chen Cheng-Lung. Urban Storm Runoff Inlet Hydrograph Study. Vol. 4 // Synthetic Storms for Design of Urban Highway Drainage Facilities. Utah Water Research Laboratory. Paper 561. Logan, Utah. 1975.

References

1. Alekseev G. A. *Raschet dozhdevykh osadkov na osnove primeneniya krivyykh i poverkhnostey raspredeleniya veroyatnostey* [Calculation of rain precipitation on the basis of using the curves and surfaces of distribution of

probabilities]. *Trudy GGI – Scientific works of SHI*, 1950, no. 26 (80), pp. 28–93.

2. Alekseev M. I., Kurganov A. M. *Organizatsiya otvedeniya poverkhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territoriy* [Organization of disposal of the surface (rain and snowmelt) runoff from the urbanized territories]. Moscow, ASV Publ.; St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2000, 352 p.

3. Vigurskiy P. M. *Livnevoy stok i ego uchet pri proektirovanii sistem vodootvedeniya*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Storm run-off and taking it into consideration at design of water disposal systems. Author's thesis of PhD in Sci. Tech. diss.]. Vladivostok, 1973, 32 p.

4. Ivanova E. V. *Spetsializirovannye kharakteristiki intensivnosti osadkov dlya prikladnykh tseley*. Diss. kand. geogr. nau [Specialized characteristics of precipitation intensity for the application-oriented purposes. PhD in Sci. Geogr. diss.]. St. Petersburg, 2011, 117 p.

5. *Rukovodstvo po spetsializirovannomu obsluzhivaniyu ehkonomiki klimaticheskoy informatsiy, produktsiy i uslugami* [Manual on specialized service of economy with climate information, production and services]. Ed. by Kobysheva N. V. St. Petersburg, GGO Publ., 2008, 336 p.

6. Kicheva T. D. *Dozhdevye stochnye vody s gorodskikh territoriy Nizhnego Povolzh'ya* [Rain sewage from urban districts of the Lower Volga area]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitarian engineering*, 1985, no. 6, pp. 23–24.

7. Kurganov A. M. *O raschetnykh intensivnostyakh dozhdya v sistemakh otvedeniya poverkhnostnykh vod* [About the design rain intensity in the systems of surface water disposal]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika – Water-supply and sanitarian engineering*, 1981, no. 2, pp. 13–15.

8. Kurganov A. M. *Tablitsy parametrov predel'noy intensivnosti dozhdya dlya opredeleniya rashodov v sistemakh vodootvedeniya* [Tables of parameters of limit rain intensity for determination of expenditures in water disposal systems]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984, 110 p.

9. Molokov M. V. *Vyvod formul intensivnosti dozhdya dlya rascheta livnespuskov novoy kanalizatsii Leningrada* [Derivation of formulas of rain intensity for calculation of surface water catchment of the new sewerage system of Leningrad]. *Trudy LNIKKh. Sanitarnaya tekhnika. Sb. rabot* [Works of LNIKKH. Sanitarian engineering. Collected works]. 1949, no. 1 (4).

10. Molokov M. V. *Metody opredeleniya intensivnosti dozhdya pri raschete dozhdevykh kanalizatsiy* [Methods of estimating the rain intensity at calculating rain sewerages]. *Trudy LNIKKh. Sanitarnaya tekhnika. Sb. rabot* [Works of LNIKKH. Sanitarian engineering. Collected works]. 1949, no. 1 (4).

11. *Materialy po raschetnym kharakteristikam dozhdevykh osadkov* [Materials on design characteristics of rain precipitation]. Ed. by Chebotarev A. I. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1969, 396 p.

12. *Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves For Selected Stations. Technical Paper no. 25.* U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C., 1955.

13. Frederick R. H., Myers V. A., Auciello E. P. *Five-to 60-Minute Precipitation Frequency for the Eastern and*

Central United States. NOAA Technical Memorandum NWS Hydro-35, National Weather Service, Silver Spring, Md., 1977.

14. Chen Cheng-Lung. *Urban Storm Runoff Inlet Hydrograph Study*, vol. 4. Synthetic Storms for Design of Urban Highway Drainage Facilities. Utah Water Research Laboratory. Paper 561. Logan, Utah. 1975.