

УДК [004.3+004.4]:697

КОММУНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ: АНАЛИЗ ЦЕЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Статья поступила в редакцию 13.02.2016, в окончательном варианте – 22.03.2017.

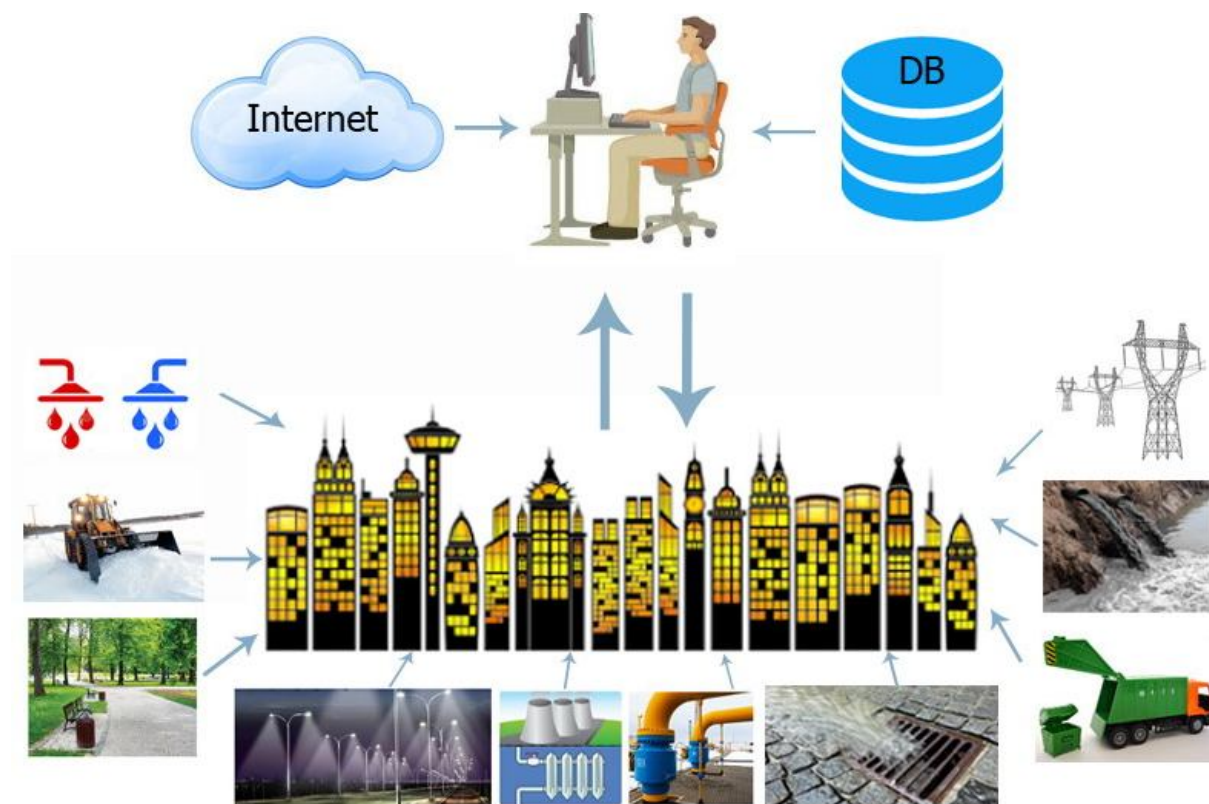
Брумитейн Юрий Моисеевич, кандидат технических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: brum2003@mail.ru

Гайфитдинова Валентина Юрьевна, студент, Астраханский государственный университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а, e-mail: arhelia@bk.ru

Обоснована роль рассматриваемых в статье коммунальных систем в поддержке функционирования объектов инфраструктуры городов, обеспечения комфортности проживания населения, необходимых условий работы организаций. С позиций различных групп юридических и физических лиц рассмотрены цели и особенности использования информационно-телекоммуникационных технологий для мониторинга и организации управления совокупностями объектов коммунальных систем, а также некоторые вопросы информационной безопасности их использования. Проанализированы существующие и перспективные возможности интеллектуализации процессов получения информации, ее обработки/анализа и управления для следующих категорий централизованных коммунальных систем в городах: теплоснабжения зданий/сооружений; питьевого водоснабжения (холодная вода); подачи горячей воды для бытовых нужд; канализации (бытовой, промышленной, ливневой); обеспечения потребителей электроэнергией; освещением городской среды; газоснабжения; вывоза мусора и, возможно, его переработки; управления состоянием зеленых насаждений; мониторинга и управления качеством воздушной среды городов. Показаны функциональные и иные взаимосвязи между решением задач управления различными коммунальными системами, возможности координации управления ими с использованием информационно-коммуникационных технологий.

Ключевые слова: территория города, общегородские системы жизнеобеспечения, получение информации, управляемые параметры, принципы управления, интеллектуализация управления, информационно-коммуникационные технологии, г. Астрахань

Графическая аннотация (Graphical annotation)



MUNICIPAL SYSTEMS OF THE CITIES: THE ANALYSIS OF GOALS AND OPPORTUNITIES FOR MANAGEMENT INTELLECTUALIZATION ON THE BASIS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES USAGE

The article has been received by editorial board 13.02.2016, in the final version – 22.03.2017.

Brumshcheyn Yuriy M., Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: brum2003@mail.ru

Gayfitdinova Valentina Yu., student, Astrakhan State University, 20a Tatishchev St., Astrakhan, 414056, Russian Federation, e-mail: arhelia@bk.ru

In this article are proved the role of the municipal systems in support of functioning of infrastructure cities; ensuring comfort of accommodation for the population of the cities, necessary operating conditions of the organizations. From viewpoints of various groups of legal entities and physical persons are considered the purposes and features of information and telecommunication technologies usage for monitoring and the management organization for sets of municipal systems-objects, and also some questions of information security of their usage. Authors are analyzed the existing and perspective opportunities for intellectualization of processes of information receipt, its processing/ analysis and management for the following categories of centralized municipal systems in the cities: heat supplies for buildings/constructions; drinking water (cold water) supply; hot water supply for domestic needs; sewerages (household, industrial, storm); providing consumers with the electric power; urban environment lighting; gas supply; garbage removal and, perhaps, its processing; management of green plantings condition; monitoring and quality management of the cities air environment. In article are shown functional and other interrelations between the solution of tasks of various municipal systems management, possibilities of coordination of municipal systems -management with information and communication technologies usage.

Keywords: the city territory, city systems for life support, information receipt, managed parameters, management principles, management intellectualization, information and communication technologies, Astrakhan

Введение. Функционирование современного города опирается на комплекс различных средств обеспечения жизнедеятельности граждан и работы организаций, включая общегородские коммунальные системы (КС), транспортный комплекс, системы связи, службы медицинской помощи, сферы образования, здравоохранения, охраны правопорядка, предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пр. При этом качество деятельности КС во многом определяют результативность работы всех других служб. Различным аспектам деятельности КС посвящено достаточно много работ. Однако недостаточно полно исследованными остаются перспективы интеллектуализации управления КС с учетом развития информационно-телекоммуникационных технологий (ИТКТ), расширения использования концепций «умных домов» и «интеллектуальных зданий» при проектировании, реконструкции и эксплуатации различных объектов. Поэтому *цель данной статьи* – попытка устранить указанные недостатки. Тематику управления использованием и развитием транспортных комплексов городов подробно предполагается рассмотреть в другой работе.

Общие вопросы развития городов и организации управления их коммунальными службами. Укажем, прежде всего, факторы, осложняющие развитие городов в России. (1) Возможности расширения территорий большинства городов ограничиваются не только отсутствием свободных участков вокруг них, но и нежелательностью «растягивания» инженерных коммуникаций; удлинения маршрутов транспорта и пр. Как следствие, на городских территориях во многих случаях ощущается дефицит свободных участков для новой застройки [19]; расширения существующих транспортных магистралей и строительства новых; создания парковок, рекреационных объектов и пр. Поэтому здания/сооружения зачастую проектируются и строятся на участках, сложных в инженерно-геологическом отношении [19]. В результате для таких объектов (и обеспечивающих их функционирование инженерных сетей) возрастает опасность негативных воздействий со стороны оползневых процессов, просадок грунтов и пр. (2) Вынужденный «точечный» характер новой застройки на городских территориях осложняет архитектурно-строительное проектирование зданий [19], заблаговременное планирование и развитие внутригородских инженерных сетей, внедрение средств автоматизации контроля расходования различных видов ресурсов на объектах [3, 10, 11, 17, 20]. (3) Повышение плотности и этажности застройки городской среды (ГС) увеличивает нагрузку на существующие инженерные сети. Высокая этажность зданий приводит также к значительным энергозатратам на эксплуатацию лифтов – особенно в зданиях общественного назначения с большими потоками посетителей. В то же время развитие малоэтажного строительства в пригородах (в т.ч. и с применением энергосберегающих решений [27]) значительно увеличивает нагрузку на дороги общего пользования, может приводить к удлинению инженерных коммуникаций городов. (4) Увеличение количества единиц эксплуатируемого транспорта приводит к перегрузкам транспортных магистралей (ТМ) городов, возникновению на них «заторов», увеличению количества дорожно-транспортных происшествий, значительному загрязнению воздушной среды автомобильными выхлопами. Создание и эксплуатация метро требует значительных затрат на строительство туннелей (особенно подземным способом); может приводить к изменениям режимов грунтовых вод, к появлению значительных вибраций зданий/сооружений и пр.

Решения по развитию городов, строительству/реконструкции на их территориях различных объектов обычно принимаются/реализуются юридическими лицами (ЮЛ) с использованием средств ИТКТ, в т.ч. геоинформационных систем, баз данных и пр. При этом в большинстве городов России объемы средств, которыми располагают органы муниципального управления (МУ), значительно меньше имеющихся потребностей. В то же время такие органы обязаны выполнять определенные обязательства перед организациями и населением, в т.ч. в социальной сфере. Поэтому часто городские бюджеты принимаются и реализуются «с дефицитом».

На практике величины городских бюджетов «на душу населения» значительно различаются. Так, по сообщениям в Интернете, для г. Москвы в феврале 2017 г. уже была поставлена задача на 2017–2018 гг. по сносу всех «хрущевских пятиэтажек», так называемых «несносимых серий» (а также и «девятиэтажек» в зонах сноса таких пятиэтажек); замене их на более комфортные и высотные здания. Одновременно в г. Москве продолжает развиваться метрополитен, его линиями охватывается вся территория города.

В то же время в г. Астрахани снос ветхого жилья (включая деревянное) происходит медленно. При этом наличие ветхих зданий потенциально увеличивает «пожароопасность» территорий (особенно в летний период); ухудшает состояние ГС за счет не благоустроенных участков при таких домовладениях. Основная причина – у города недостаточно средств для расселения жильцов этих зданий, в т.ч. и при использовании программ « долевого софинансирования » со стороны государства. Если же снос ветхих зданий и расселение их жильцов возлагаются на застройщиков участков, то это значительно удорожает для них стоимость возведения зданий/сооружений, делает инвестиции в такое строительство менее привлекательными, а иногда и вообще не рентабельными. Также ощущается дефицит средств на поддержание в нормальном состоянии и развитие сети дорог общего пользования, что ощущает на себе большинство водителей города. Дополнительной сложностью в г. Астрахани является то, что ряд инженерных сетей КС в левобережной и правобережной частях города не связаны друг с другом.

В условиях дефицитов городских бюджетов актуальны задачи оптимизации расходования средств на развитие городской инфраструктуры для решения текущих и перспективных задач, включая привлечение инвестиций. Такие задачи могут решаться на основе использования методов математического программирования. Однако «целевые функции» и системы ограничений для разных групп ЮЛ, принимающих/реализующих соответствующие решения, существенно отличаются. Поэтому «интегральные критерии» оптимальности для таких задач (особенно для совокупности различных ЮЛ) сформулировать трудно.

Примем, что «положительные эффекты» от затрат на деятельность КС в текущем году сказываются в течение I_1 лет в отношении получения «доходов» в городской бюджет и I_2 лет в отношении «предотвращения ущербов» для «города в целом». Тогда для администраций городов оптимальное распределение средств по КС в текущем году соответствует:

$$\max \left(F = - \sum_{j=1}^J Z_j + \sum_{i=1}^{I_1} K_i D_{i,j} + \sum_{i=1}^{I_2} K_i |U_{i,j}| \right), \quad (1)$$

где J – количество КС; $\{Z_j\}$ – вектор затрат на КС; $\{K_i\}$ – вектор коэффициентов дисконтирования по годам; $D_{i,j}$ и $|U_{i,j}|$ – оценки величин «доходов» и «предотвращенных ущербов» в i -ом году, связанных с принятой величиной затрат на j -ую КС. Ограничения по затратам в текущем году:

$$\{Z_j^{(\min)} \leq Z_j \leq Z_j^{(\max)}\}; \quad \left(\sum_{j=1}^J Z_j \right) \leq Z^{(pred)} \quad (2)$$

где $Z^{(pred)}$ – предельная величина затрат на деятельность всех КС. Эта модель весьма упрощенная, в т.ч. и потому, что не учитываются взаимовлияния затрат на разные КС.

Одним из направлений решения имеющихся проблем городов является развитие «интеллектуальных» подходов к управлению КС и транспортными комплексами [24], применения «умных» объектов и/или умных систем управления ими [5, 11, 13, 14, 31, 37] – в т.ч. и для решения проблем энергосбережения [1, 7]. При этом могут использоваться методы дифференцированного управления вероятностями наступления неблагоприятных событий и ущербов от них [9].

Как и в предыдущей статье будем считать, что термин «умный» означает возможность, по крайней мере, частичного принятия и реализации решений самими управляемыми системами, в т.ч. в рамках взаимодействия их с другими КС, иными объектами. При этом сама ГС становится все более сложной и насыщенной информацией, в т.ч. и в электронной форме. Для ее передачи используются различные каналы связи – проводные, беспроводные, комбинированные.

При высоком уровне автоматизации управления рассматриваемыми в статье КС роль человека-оператора в основном сводится к наблюдению за работой автоматизированных систем управления (АСУ) [30, 34, 35]. Однако при возникновении «нштатных ситуаций» люди-операторы могут вмешиваться в про-

цессы управления. Интеллектуализация управления городскими КС может включать в себя также проактивные подходы, т.е. работу людей и/или АСУ «на опережение» ситуации; «самообучение» АСУ в процессе их использования и пр. Эти возможности опираются на развитие ИТКТ, включая совершенствование аппаратно-программных решений по получению необходимой информации, в т.ч. в рамках систем диспетчеризации [25, 26]; программных средств ее обработки и обеспечения хранения; алгоритмов выработки оптимальных решений, в т.ч. в нечетких условиях.

Анализ потоков вещества и энергии, связанных с функционированием города. Современные города в процессе функционирования потребляют из внешней для них среды значительные количества вещества, энергии, информации, финансовых средств. В свою очередь, из городов в окружающую среду также поступают потоки, вещества, энергии, информации, финансовых средств (рис. 1). Кроме того, города служат своеобразным «контейнером» для накопления информации, «вещества», финансовых средств. Сейчас информация накапливается уже преимущественно в электронной форме и значительная ее часть доступна через Интернет. Рисками информационной безопасности (ИБ) для города являются следующие: уязвимость «информационных массивов» к попаданию в них недостоверных сведений; атакам через Интернет; отказам аппаратно-технических средств ИТКТ и программного обеспечения. Увеличение количества «вещества» в ГС связано с ростом размеров зданий, сооружений и плотности застройки, нарастанием «культурного слоя», в т.ч. и толщины асфальтовых покрытий; в ряде случаев – увеличения складских запасов товаров.

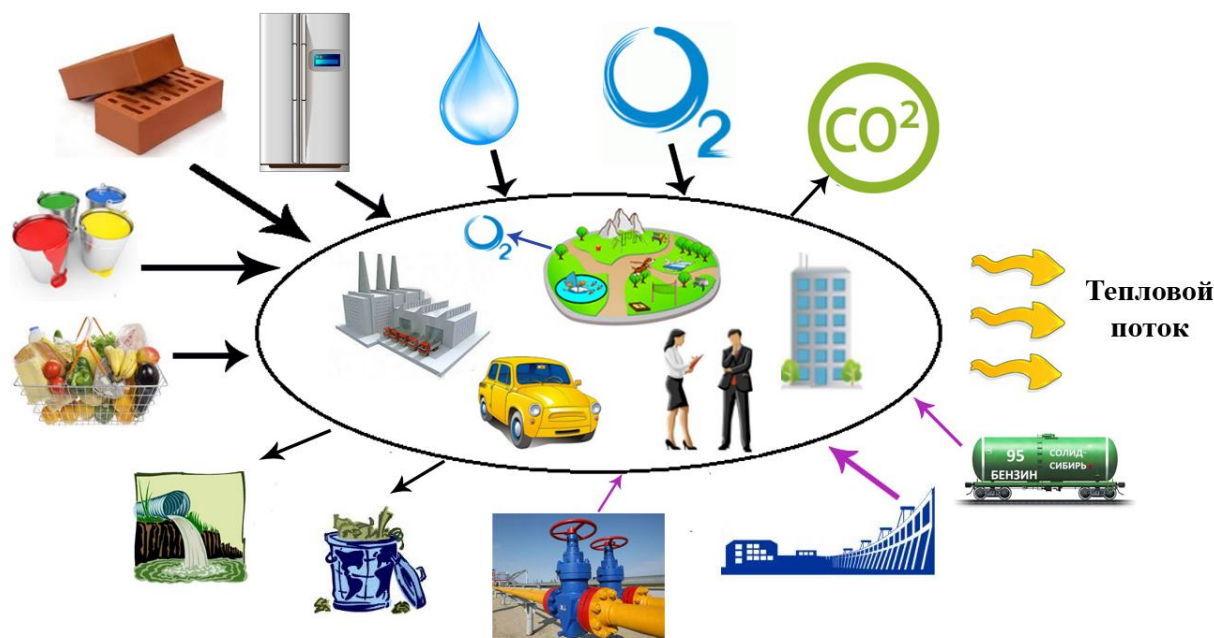


Рисунок 1 – Потоки вещества и энергии, связанные с взаимодействием городов с внешней для них средой

Теоретико-множественную модель (ТММ) по «вещественным» потокам, связанным с функционированием города, представим в виде:

$$M = \langle B, П, C, T, B, O, CO_2, G_1, G_2 \rangle, \quad (1)$$

где B – строительные материалы, C – сырье (кроме предназначенного для изготовления пищи), $П$ – пища и сырье для ее изготовления, T – товары, B – вода, O – кислород, CO_2 – углекислый газ, G_1 – «твердые» отходы, G_2 – «жидкие» отходы.

Строительные материалы и изделия (B) ввозятся и затем десятки и сотни лет остаются в ГС в составе зданий и иных сооружений. При сносе зданий/сооружений стройматериалы обычно вывозятся на свалки в виде мусора, реже – пускаются в повторную переработку. Деревянные конструкции зданий в результате пожаров могут «уходить» в воздух в виде CO_2 .

Большая часть пищи ($П$) и сырья для ее производства в города ввозится из-за их пределов. Однако часть произведенных пищевых товаров может и вывозиться из городов, в т.ч. в виде консервов. Типичный уровень потребления пищевых продуктов (без жидкостей) на одного горожанина в России оценим примерно в 1.5 кг/сут – с учетом веса упаковки и того, что «уходит» в пищевые отходы. В результате потребления пищи организмы жителей городов обеспечиваются энергией, минеральными веществами и пр. В конечном счете использованная людьми из пищи энергия поступает в окружающую среду, а вещество «превращается» в основном в углекислый газ и жидкие бытовые отходы, удаляемые из городов через канализационные системы.

В города может также возиться сырье (С) и комплектующие для производства непищевых товаров.

В общем случае непищевые товары (Т), включая одежду, обувь, бытовую и офисную электронику, товары бытовой химии, промышленное и иное оборудование, автомобили и пр., могут ввозиться на территорию города; производиться на этой территории; вывозиться с нее.

Для большинства непищевых товаров средние длительности их использования (ввезенных или произведенных на территории города) составляют от нескольких месяцев до 15 лет. Подчеркнем, что для многих «электронных» изделий (включая ПЭВМ, смартфоны и пр.) длительности «жизненных циклов» невелики – не только из-за быстрого физического износа, но и морального старения. Таким образом, обеспечение функционирования ИТКТ-инфраструктуры на территории городов требует постоянных расходов ЮЛ и физических лиц (ФЛ) не только на ее развитие, но и на замену вышедших из строя или устаревших аппаратных средств, обновление программного обеспечения (ПО), подготовку/переподготовку ИТКТ-специалистов и пр. Использование в сфере ИТКТ почти исключительно импортных аппаратных средств (и, в значительной степени, программных) является фактором риска для городов по следующим причинам: сильная зависимость от условий импорта; наличие угроз, связанных с «недокументированными» возможностями и уязвимостями в ПО; использование зарубежных «процессинговых центров», в т.ч. для обработки финансовой информации по банковским картам, коммунальным платежам и пр. [15].

Перечисленные выше товары после использования «уходят» на свалки или на повторную переработку (например, в металлолом, который обычно специально собирается для этих целей).

«Свежая» вода (В) для водоснабжения берется в основном из открытых водоемов и подвергается предварительной очистке коммунальными службами. В конечном счете эта вода возвращается во внешнюю для города среду: испаряется в атмосферу; просачивается в грунтовые воды; через канализационные системы городов после очистки поступает в водоемы. В городах уровни бытового потребления воды «питьевого качества» на одного человека определяются преимущественно не пищевыми, а хозяйственно-бытовыми потребностями. В типичных случаях эти объемы превышают 10 л/сут воды «питьевого качества» на человека.

Кислород из атмосферного воздуха используется людьми (для дыхания), двигателями автотранспорта (автомобили, тепловозы), при производстве тепла и энергии путем сжигания энергоносителей (ТЭЦ, котельные). Функцию «преобразования» углекислого газа в кислород выполняет растительность. Однако обычно кислорода потребляется значительно больше, чем «производится» растительностью в ГС. Кроме того, растительность играет определенную роль в очистке воздуха от пыли, поглощении шума.

Отходы (G_1 , G_2) с территории города удаляются как в «твердой» форме (G_1), так и в жидкой (G_2).

Для энергетических потоков в отношении ГС используем ТММ:

$$M_2 = \langle \mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4, \mathcal{E}_{(-)} \rangle, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_1$ – поступающая извне электроэнергия; $\mathcal{E}_2$ – электроэнергия, производимая в пределах ГС; $\mathcal{E}_3$ – поступающая извне ГС тепловая энергия, например с ТЭЦ, расположенных около городов; $\mathcal{E}_4$ – энергия «импортируемая» внутрь городской среды в составе «энергоносителей» (моторное топливо, природный газ, мазут, каменный и бурый уголь, дрова); $\mathcal{E}_{(-)}$ – энергия, уходящая в окружающую среду в основном в виде «тепловых потоков», в небольших количествах – в виде электромагнитного излучения видимого и высокочастотного диапазонов (в т.ч. при работе телевизионных центров, радиостанций, смартфонов и пр.).

Энергия из энергоносителей может использоваться для производства тепла (в т.ч. для отопления зданий и приготовления пищи), выработки электроэнергии (в т.ч. для работы средств ИТКТ), перемещения средств транспорта. В принципе может применяться и энергия, полученная при переработке отходов, в т.ч. путем сжигания образующихся газов. В конечном счете энергия, полученная из указанных каналов, поступает преимущественно в окружающую среду.

Итак, непосредственно КС городов и их «смежники» обеспечивают в отношении потоков вещества и энергии в основном такие функции: производство энергии (тепловой, электрической); «доставку» вещества (вода, газ), энергии (тепло, электроэнергия), энергоносителей (природный газ) к местам их использования потребителям; контроль потребления ресурсов, управление их распределением, удаление из городов твердых и жидких отходов; В отношении информационных потоков в пределах городской черты КС также играют определенную роль: размещение информации на собственных сайтах [7] и в средствах массовой информации; информационные взаимодействия с потребителями услуг [30], в т.ч. через Интернет.

В отношении финансовых потоков для КС городов отметим следующее: сбор оплаты за потребленные ресурсы и выполненные услуги (в т.ч. с участием организаций-посредников, банковских структур и пр.); расчеты со смежниками и пр.

Характеристика номенклатуры централизованных служб жизнеобеспечения города и особенности управления ими. Состав объектов, обслуживаемых КС городов, представлен на рисунке 2. При этом со стороны органов МУ городов прямое управление, по крайней мере, частью этих служб невозможно. Так как входящие в них организации, имеют различные формы собственности, разную подчиненность.

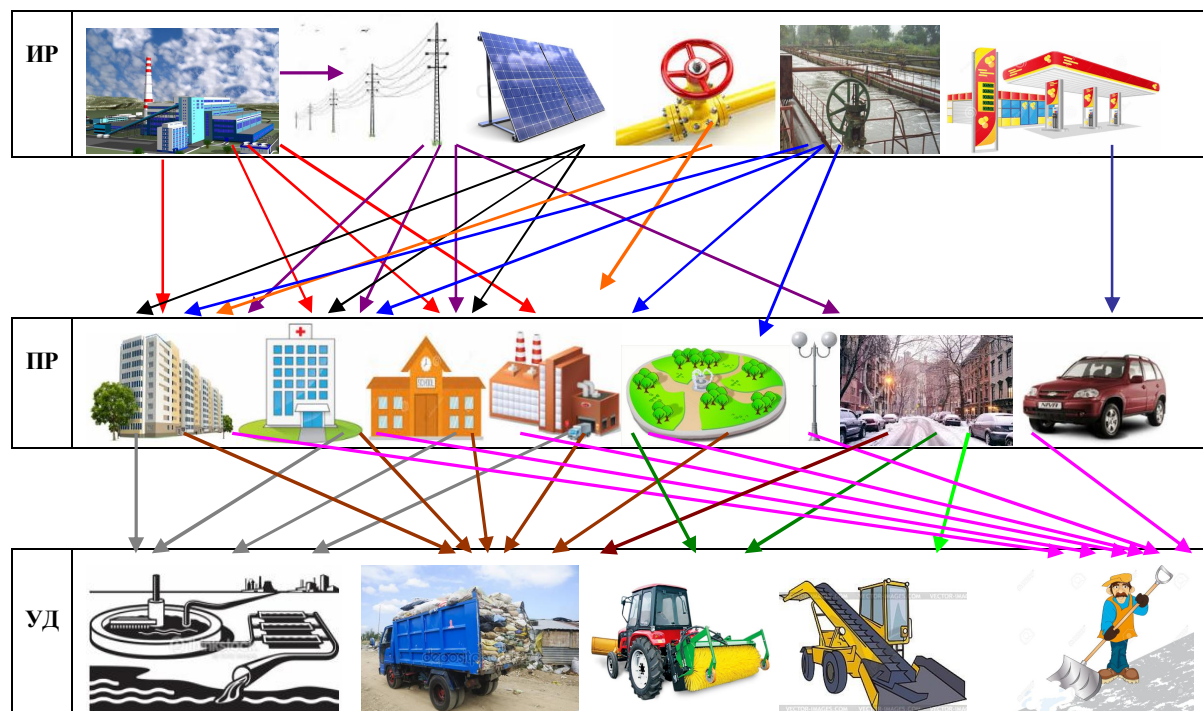


Рисунок 2 – Основные виды объектов, обслуживаемые КС городов

Обозначения: **ИР** – источники ресурсов; **ПР** – потребители ресурсов; **УД** – удаление отходов, снега, грязи и пр.

Поэтому применяются и не прямые методы управления, включая нормативно-юридические; административные (с оговорками); финансово-экономические, в т.ч. через выделение средств из городских бюджетов; информационные и др. Подчеркнем, что деятельность многих КС «взаимосвязана» по управлению, т.к. они обслуживают взаимозависимые потребности ФЛ и ЮЛ.

Развитие возможностей ИТКТ потенциально облегчает организацию согласованного управления КС (службами) как в «ручном» режиме, так и с использованием АСУ [32, 33]. Однако процедуры согласования управления разными КС затрудняются наличием у них разных «интересов» – особенно если они не являются «муниципальными унитарными предприятиями». Кроме того, развитие ИТКТ облегчает и взаимодействие между гражданами и организациями с одной стороны и КС городов с другой: через интернет-сайты, электронную почту, аудиовидеосвязь через Интернет, голосовую связь через смартфоны, передачу и прием SMS-сообщений и пр.

Управление централизованными поставками от КС потребителям энергии и энергоносителей. Прежде всего, отметим целесообразность согласованного управления развитием энергетической инфраструктуры городов [21], в т.ч. и их сетей энергоснабжения [22]. Для этой цели могут применяться не только экспертные оценки (прогнозы), но и имитационные модели.

В городах России большинство зданий, включая многоквартирные жилые дома (МЖД); здания производственного и общественного назначения, обычно обеспечиваются теплом от систем централизованного теплоснабжения (ЦТ). Однако частные домовладения (в т.ч. коттеджи), а также квартиры в некоторых МЖД, могут иметь автономные (локальные) системы обеспечения теплом и/или горячей водой за счет подогрева горелками на природном газе и/или электроэнергии. Жильцы большинства МЖД с ЦТ не имеют возможности самостоятельно регулировать подачу теплоносителя в квартиры/комнаты. Поэтому при избыточной (с точки зрения отдельных потребителей) подаче тепла «терморегуляция» ими помещений осуществляется путем открытия форточек. Недостаточная подача тепла может «компенсироваться» включением жильцами электрообогревателей (электрокаминов, тепловентиляторов) и/или газовых конфорок. Последний пример отражает наличие взаимосвязей между потреблением ресурсов, поставляемых различными КС.

Для городской сети ЦТ и горячего водоснабжения регулируемые параметры обычно являются температура нагрева теплоносителя в ТЭЦ (котельной) и/или скорость его прокачки (движения) в системе. Для контроля этих параметров на самих ТЭЦ, а также в ограниченном числе «ключевых точек» сети ЦТ, используются различные типы датчиков – включая ультразвуковые расходомеры. Передача информации с этих датчиков для систем диспетчеризации [17, 18, 25] может осуществляться по проводным или беспроводным сетям, в т.ч. и через сети операторов сотовой связи.

В простейшем случае эти параметры системы ЦТ могут изменяться/регулироваться с учетом только текущей температуры наружного воздуха на территории города, скорости ветра и влажности воздуха (она влияет на его теплоемкость). «Интеллектуализация» оперативного управления ЦТ может иметь несколько направлений.

(1) Использование показаний датчиков температуры воздуха в зданиях, а также температуры и скорости движения теплоносителя на входы в здания (или их группы) для таких целей: управления интенсивностью производства и подачи тепловой энергии (ТЭ) в сети ЦТ; оперативного перераспределения тепловых потоков между потребителями – путем дистанционного управления регуляторами тепловых потоков в сетях. (2) Если на общую сеть ЦТ города работает несколько ТЭЦ/котельных с общей «юридической подчиненностью», то оптимизация распределения мощностей выработки ТЭ между ними может проводиться на основе ТММ в виде:

$$M_3 = \langle F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 \rangle, \quad (3)$$

где F_1 – себестоимости производства ТЭ на источниках; F_2 – максимальные мощности ТЭЦ/котельных; F_3 – запасы на них топлива; F_4 – уровни загрязнения ТЭЦ/котельными окружающей среды на единицу произведенной ТЭ; F_5 – расстояния от мест «производства» ТЭ до мест ее потребления (эти расстояния влияют на величины теплопотерь, энергозатрат на перекачку теплоносителя) и пр. Для решения таких оптимизационных задач в масштабах городов могут использоваться математические модели сетей, в т.ч. «постоянно действующие» на которые информация с датчиков поступает в режиме реального времени. Кроме того, крупные организации для обеспечения своих зданий ТЭ (особенно при экстремально низких температурах и/или авариях в системах ЦТ) могут задействовать собственные котельные, в т.ч. и для дополнительного подогрева теплоносителя, поступающего из систем ЦТ.

(3) Автоматизация дистанционного мониторинга показаний счетчиков интенсивности потребления ТЭ «крупными» потребителями для принятия решений в рамках использования человеко-машинных АСУ [32]. Отметим, что сейчас различные КС городов обычно используют собственные счетчики и отдельные каналы передачи информации. (4) Автоматическое выявление аварийных утечек теплоносителя из труб ЦТ и, как максимум, нарушений теплоизоляции трубопроводов горячей воды в системах ЦТ. (5) Управление моментами начала и окончания «отопительного сезона» с учетом фактических и прогнозных погодных условий в городе. (6) Оптимизация управления выездами аварийных бригад, в т.ч. для исключения случаев «промораживания» трубопроводов ЦТ в зимнее время. (7) Учет инерционности управляемых систем ЦТ в отношении получения тепла конечными потребителями по таким причинам: сложность быстрого наращивания мощностей подачи ТЭ в сети ЦТ; конечная скорость перемещения теплоносителя в таких сетях; значительная собственная теплоемкость сети ЦТ и пр. Поэтому может быть целесообразным про-активное управление системами ЦТ (работа на «опережение») с учетом следующих факторов: метеопрогнозов по температуре, скорости ветра, осадкам; данных об «инерционности» управляемой системы ЦТ; сведений о вероятных потерях ТЭ в трубопроводах при различных давлениях/температурах жидкостей, в т.ч. из-за утечек теплоносителя, теплоотдачи в грунт и воздух; прогнозов и фактических данных о появлении/развитии «отложений» в трубах ЦТ, в т.ч. во внутренних сетях теплоснабжения зданий. Такие отложения увеличивают гидравлическое сопротивление труб не только за счет уменьшения их эффективных сечений, но и повышения шероховатости стенок. (8) Дистанционный мониторинг уровней грунтовых вод (УГВ) в районах прохождения подземных трубопроводов ЦТ. Этот уровень может подниматься не только из-за утечек жидкости из трубопроводов, но и барражных эффектов, создаваемых свайными полями вновь построенных вблизи трубопроводов зданий/сооружений. (9) Мониторинг величин т.н. «блуждающих токов», которые могут быстро разрушать металлические трубопроводы – если методы «катодной защиты» оказываются не эффективными.

Управление подачей горячей воды (ГВ) от централизованных источников на хозяйственные нужды (в т.ч. в МЖД) обычно осуществляется с учетом ее текущего потребления – оно значительно меняется в течение суток. Совместное управление подачей теплоносителя в системы отопления зданий и горячего водоснабжения этот фактор должно учитывать. При про-активном управлении может приниматься во внимание также следующее: скорость изменения потребления ГВ во времени; внутрисуточные колебания потребления ГВ по среднестатистическим данным при различных температурах воздуха в разные сезоны и пр. Задачи централизованного дистанционного контроля бытовых счетчиков ГВ пока не ставятся. Повторим, что в квартирах (и, особенно, в коттеджах) могут использоваться автономные системы подачи ГВ на основе газовых и электронагревателей, солнечных панелей.

Современные города даже при отсутствии значительных промышленных производств являются крупными потребителями электроэнергии (ЭЭ). При этом для всех производителей ЭЭ (тепловых, атомных, гидроэлектростанций) резкие изменения вырабатываемой мощности реализовать очень сложно. Поэтому варианты пропорционального или пропорционально-дифференциального управления в рамках локальных систем выработки ЭЭ оказываются трудно реализуемыми.

При недостатке генерирующих мощностей ЭЭ обычно осуществляется временное отключение части потребителей – кроме тех, которые относятся к первой категории (больницы и пр.). При интеллек-

туализации управления вместо традиционных «веерных отключений» возможен автоматизированный выбор последовательности отключаемых потребителей в порядке возрастания их приоритетов и с учетом времени суток.

К счастью, возникающие временные дефициты мощностей в отдельных городах обычно можно оперативно восполнять за счет энергоресурсов Единой энергосистемы страны. Тем не менее вопросам прогнозирования потребления ЭЭ в городах уделяется серьезное внимание, т.к. это позволяет осуществлять про-активное управление «мощностями генерации». При этом используется статистическая информация о колебаниях энергопотребления в прошлые периоды времени (суточных, недельных, сезонных); прогнозная метеорологическая информация и пр. Повторим, что при недостатке подаваемой в жилые дома ТЭ население начинает включать электронагревательные устройства, что увеличивает потребление ЭЭ.

Для энергоснабжающих организаций (ЭСО) вопросы непрерывного мониторинга фактического потребления ЭЭ конечными потребителями важны, по крайней мере, в следующих отношениях: (а) обеспечение «обратных связей» по управлению выработкой мощностей; (б) централизованный дистанционный учет потребления ЭЭ; (в) контроль отсутствия «изменений» показаний электросчетчиков потребителями без вскрытия пломб – с помощью устройств с «бегущим магнитным полем». Поэтому периодически появляются инициативы по обязательному переводу не только организаций, но и населения на использование моделей электросчетчиков с возможностью дистанционного считывания с них показаний.

Поставщики ЭЭ в городах сейчас обычно являются «монополистами» и практически не отвечают за ее качество перед потребителями. Это касается не только временных отключений ЭЭ, но и кратковременных «всплесков» напряжения и его «провалов» (блэкауты). При этом средства ИТКТ при отсутствии фильтров и/или источников бесперебойного питания могут быть весьма чувствительны к таким всплескам/провалам. Основные причины слабой ответственности поставщиков за качество ЭЭ: договоры на ее поставку обычно не предусматривают применения каких-либо штрафных санкций к поставщикам за снижение качества; сертифицированные счетчики, которые «умеют» регистрировать такие нарушения (включая всплески напряжения), достаточно дороги для большинства организаций. В то же время небольшие отклонения частоты поставляемой ЭЭ от стандартных 50 Гц (а также появление в электросети других гармоник), для большинства потребителей и устройств ИТКТ не критичны.

Для борьбы с обледенением линий электропередач могут использоваться методы отслеживания натяжений проводов [36] в сочетании с режимами «управляемого короткого замыкания».

В настоящее время в продаже имеются двухтарифные счетчики потребления ЭЭ, но население городов их пока применяет слабо. Между тем использование более дешевых «ночных» тарифов на ЭЭ может быть резервом сокращения расходов населения, например, при круглосуточной работе кондиционеров на пике летнего сезона.

Применение солнечных панелей в российских городах пока не характерно для МЖД, иных зданий и даже в коттеджах. Однако такие системы (в комбинации с аккумуляторными батареями) могут значительно сокращать потребление ЭЭ в южных районах страны, особенно при использовании интеллектуализированных систем управления [23].

Для газоснабжения городов используются магистральные газопроводы. На газораспределительных станциях его давление снижается, а потоки газа «разводятся» по отдельным объектам, включая МЖД и различные организации. С позиций обеспечения безопасности и комфортности среды проживания граждан предпочтительна замена потребления газа на ЭЭ, но эти процессы сдерживаются соотношением их стоимостей.

В рамках управления давлением в газовых магистралях города [12] в простейшем случае учитывается только текущее потребление газа и динамика его изменения во времени. Допустимость накопления газа в некоторых «буферных емкостях» расширяет возможности оперативного управления при резких колебаниях потребления. При этом в рамках интеллектуализации управления целесообразно использование следующей информации: статистика изменения потребления газа в городах внутри суток и по сезонам; о текущих метеоусловиях (особенно при недостатке подачи ТЭ в жилые здания через системы ЦТ); о запасах газа в буферных емкостях. В основном природный газ пока оплачивается населением городов по фиксированным, достаточно низким тарифам. Как следствие, объемы фактически потребленного газа на величину оплаты не влияют. При этом внедрение индивидуальных «счетчиков потребления газа» и перевод населения на оплату по показаниям этих счетчиков тормозится достаточно высокой стоимостью самих устройств и работ по их монтажу. Такая ситуация не побуждает потребителей к экономии природного газа и принципиально отличается от использования гражданами счетчиков ЭЭ, холодной и горячей воды (использование последних стимулируется возрастанием тарифов на использование этих ресурсов для домовладений, в которых такие счетчики не установлены).

Отметим также важность контроля утечек газа из газопроводов (внутри и вне зданий), обмерзания газопроводов. Датчики для выявления высоких концентраций метана в воздухе помещений хорошо разработаны, выпускаются серийно, имеют относительно невысокую стоимость. Их уже включают в проекты новых зданий/сооружений, однако в ранее построенных квартирах такие датчики пока устанавливаются редко.

Питьевое и техническое водоснабжение. В рамках централизованного управления питьевым водоснабжением (подачей холодной воды) используется в основном информация о текущей интенсивности ее расхода; об имеющихся на станциях водоочистки «запасах» питьевой воды; о состоянии водоочистных сооружений, включая фильтры, обеззараживающие устройства и пр.[33]. При про-активном управлении могут применяться также сведения о среднестатистических показателях потребления такой воды в пределах суток (с учетом сезона).

Использование в МЖД, офисных зданиях и пр. отдельных систем питьевого и хозяйственного водоснабжения пока не характерно. Такое «разделение» систем требует значительных затрат, но может оправдываться сокращением расходов на очистку воды, предназначенной только для питья и приготовления пищи. Отметим также широкое использование населением (а также и организациями) т.н. «бутилированной» воды. Однако это слабо влияет на объемы потребления воды из водопроводов, а также на энергозатраты, связанные с кипячением воды. На крупных предприятиях иногда используются системы «технического водоснабжения», которые предусматривают очистку воды лишь от механических загрязнений.

Задачи дистанционного контроля показаний счетчиков холодной воды (по крайней мере, установленных у населения) пока не ставятся. Для организаций типа «горводоканалов» в районах малоэтажной застройки актуальны также задачи контроля «несанкционированных врезок» в водопроводы с целью полива садов, огородов, декоративных зеленых насаждений на придомовых территориях. Для этой цели может использоваться контроль давлений в отдельных точках трубопроводов в сочетании с математическими методами определения фактических объемов «водозаборов» отдельными потребителями в сети водоснабжения.

Управление освещением городской среды. Это направление важно для обеспечения безопасности движения транспорта и прохожих; как превентивная мера для борьбы с криминальными угрозами; с целью решения задач энергосбережения КС [2, 16, 28]; для создания визуальной среды ночного города. Интеллектуализация управления освещением улиц и площадей, подсветки различных достопримечательностей, а также иных «мест общего пользования» осуществляется с учетом текущей естественной освещенности, метеорологических условий и времени суток. Чаще всего используется только ступенчатое регулирование интенсивности освещения, что увеличивает энергозатраты. Вопросы освещения придомовых территорий («закрепленных» за зданиями) обычно решаются собственниками этих зданий или «управляющими компаниями», а территорий организаций – самими этими организациями. Варианты подсветки тротуаров или улиц при перемещениях объектов по типу «бегущей волны» для России пока редки.

При выборе источников освещения для улиц и площадей сейчас уделяется серьезное внимание не только их энергоэффективности и срокам службы, но также и спектральному составу излучения. Это, в определенной мере, позволяет приблизить характер свечения к солнечному, сделать его более комфортным. Последнее особенно важно для городов, расположенных на севере России, в которых большая продолжительность темного времени суток или долгая полярная ночь.

Подсветка отдельно стоящих высотных объектов в городах сейчас осуществляется не только прожекторами наземного размещения, но и цветными светодиодными гирляндами, расположенными на самих сооружениях: телевизионных вышках, опорах линий электропередач, трубах и пр. При выборе характера подсветки сооружений учитывается и проведение различных праздничных мероприятий, включая «дни города».

Управление удалением отходов с территории города. *Канализационные системы* городов обычно разделены на бытовые, промышленные, ливневые. Объектами управления в них могут быть перекачивающее оборудование, очистные сооружения и пр. «Интеллектуальное» управление может учитывать не только текущий объем стоков, но и уровни их загрязненности; накопленную по городу статистику в отношении объемов канализационных стоков и их загрязненности; метеопрогнозы и пр. Отсутствие или недостаточная эффективность работы систем ливневой канализации (в т.ч. и на территории г. Астрахани) затрудняет работу транспортных комплексов; ведет к подъемам УГВ; может приводить к затоплению подвалов зданий и пр.

Образование мусора происходит при строительстве сооружений; в рамках бытовой деятельности граждан; при работе различных организаций и пр. Целесообразно различать такие виды мусора: твердые бытовые отходы; пищевые отходы (населения и пищевых предприятий); металлические, пластиковые, стеклянные отходы и пр. Опавшие листья деревьев также обычно рассматриваются как мусор и удаляются дворниками в контейнеры. Некоторые виды отходов (например, в медучреждениях) требуют специальных мер обеззараживания, в т.ч. химического и термического.

Мусор может накапливаться как в контейнерах или урнах, так и появляться вне их на территориях городов (в последнем случае его сбор и перемещение в контейнеры осуществляют дворники). К сожалению, во многих случаях используются контейнеры без крышек, что не обеспечивает защиту мусора от доступа собак, кошек, птиц, мелких грызунов, а также разноса ветром. Отметим высокую пожароопасность урн для мусора, т.к. горожане часто бросают в них недогоревшие окурки. Для борьбы с такими возгораниями начали использоваться специальные урны с дополнительными сеточками для окурков.

Автоматизированный контроль заполнения контейнеров и урн не осуществляется, и они опорожняются «по расписанию». Это может приводить к переполнению «контейнеров без крышек» и разному мусору ветром.

Для России пока не характерно использование отдельных контейнеров для разных видов мусора, а также применение для его сортировки специальных предприятий. Отметим, что решение задач автоматизации такой сортировки достаточно сложно (кроме извлечения некоторых видов металлических изделий с помощью электромагнитов). В то же время за рубежом использование отдельного сбора мусора типично. Реализуются даже проекты по отдельному сбору отработавших свой срок электронных устройств [4]. Для городских служб (в т.ч. и в г. Астрахани) актуальной является также задача борьбы с возникновением т.н. «несанкционированных свалок», особенно в зонах малоэтажной жилой застройки. Для выявления таких свалок может быть полезной и аэрофотосъемка.

Вывоз мусора от жилых, офисных и ряда иных видов зданий в настоящее время осуществляют специализированные городские службы. При этом используются два основных подхода: транспортировка контейнеров с мусором целиком; опорожнение содержимого контейнеров в емкости машин-мусоровозов на местах расположения контейнеров. В последнем случае в таких машинах обычно осуществляется прессование мусора.

В ряде крупных городов (точнее вблизи них) действуют мусоросжигательные заводы. Однако они требуют тщательной очистки выбрасываемых в воздух газов, в т.ч. от канцерогенных веществ; утилизации накопившейся золы и пр. Поэтому при отсутствии острого дефицита площадей вблизи городов обычно используются «организованные свалки», на которые вывозится не отсортированный мусор. Мониторинг состояния таких свалок возможен по следующим направлениям: контроль концентрации вредных веществ в воздухе, включая аммиак; определение фактов возгораний или приближения к таким ситуациям; контроль соблюдения технологий складирования мусора, контроль загрязнения грунтовых вод вблизи свалок и пр. Для организованных свалок, которые прекращают использоваться после заполнения емкостей, важно также проведение их «окультуривания» с покрытием плодородным слоем почвы.

Очистка территории города от грязи и снега. Основные источники грязи: грунт с участков города, не покрытых растительностью или асфальтом (в т.ч. со строительных площадок); пыль из воздуха; «завоз» грязи автотранспортом из-за пределов города. Наличие грязи в ГС и ее количество определяются визуально, какие-либо датчики для этой цели использовать сложно.

Удаление грязи с улиц механизировано лишь частично [29]. Практически не механизирована очистка дорожных знаков, светоотражателей на «отбойниках» и пр. Отметим также, что грязь на улицах (особенно жидкая) приводит к ускоренному износу нанесенной на асфальт дорожной разметки даже при использовании специальных «стойких» красок. Очистка тротуаров и площадок перед зданиями от грязи (и пыли) обычно осуществляется дворниками вручную, наряду с уборкой мусора.

В средней полосе и на севере России уборка выпавшего снега представляет собой серьезную проблему. Для ее решения на транспортных магистралях задействуется большое количество специальной снегоуборочной техники. При этом припаркованные на обочинах улиц машины нередко мешают использовать такую технику в нужное время. Очистка от снега придомовых территорий осуществляется в основном вручную. При этом для ручного удаления уже утоптанного снега дворникам приходится прилагать серьезные усилия, скоблить асфальт/тротуарную плитку и пр.

Интеллектуализация процессов управления уборки города от снега [6] и грязи может достигаться оптимизацией распределения транспорта и людских ресурсов между местами уборки, в т.ч. в условиях непрерывного снегопада; использования мониторинга толщины снежного покрова и пр.

Обледенение дорог и тротуаров в ГС представляет собой серьезную угрозу. Водителей об обледенении на дорогах иногда предупреждают с помощью специальных табло. Для борьбы с обледенением (и с «уплотненным» снежным покровом) традиционно используется «рассыпка» песка, иногда в сочетании с солью и/или некоторыми иными химикатами. Эти вещества, однако, загрязняют ГС, а использование засоления почв может губительно сказываться на состоянии растительности.

Достаточно эффективным решением для борьбы с обледенением и снегом может быть временный подогрев асфальта/тротуарной плитки или обдув их горячим воздухом – для расплавления льда и его испарения. Однако эти решения редко используются в России из-за дороговизны при низких отрицательных температурах. При этом также необходимо иметь в виду, что «несущая способность» разогретого полотна дорог снижается.

Управление характеристиками воздушной среды и состоянием зеленых насаждений. Сведения о метеопараметрах ГС широко доступны в Интернете для КС, водителей, пешеходов, организаций. Они также часто отображаются на различных уличных светодиодных табло «по очереди» со временем и иной информацией. Чаще всего показывается только температура, иногда еще и атмосферное давление. Однако для ФЛ и ЮЛ представляют интерес и иные показатели: влажность воздуха; его запыленность; концентрация в воздухе вредных газов (в т.ч. выбрасываемых в воздух промышленными предприятиями, расположенными вне городов); характеристики геомагнитной обстановки и пр. Отметим, что существующие датчики измерения запыленности не рассчитаны на измерение ее малых концентраций.

При высоких температурах воздуха его влажность может корректироваться за счет полива из автоцистерн дорог, деревьев, кустарников, клумб; использования фонтанов. При этом может использоваться вода «технического» качества или взятая из водоемов без очистки.

В некоторых случаях (торжественные даты, праздники и пр.) могут быть актуальными и задачи предотвращения дождей на территориях городов. Технологии стимулирования выпадения осадков вне города путем «распыления» в облаках с самолетов веществ, играющих роль центров конденсации капель, достаточно хорошо отработаны. Однако они дороги, могут приводить к загрязнению окружающей среды.

Шум на территории города создается различными источниками, но обычно преобладает шум от автотранспорта. Мерами борьбы могут быть следующие: проектирование и строительство шумопоглощающих экранов вдоль существующих ТМ; использование для тех же целей зеленых насаждений (однако зимой они не эффективны); корректировка маршрутов движения транспорта, в т.ч. применения дорог с односторонним движением.

Озеленение территорий и полив зеленых насаждений (ЗН) особенно важны в регионах с малым количеством осадков, включая и г. Астрахань. Состояние ЗН важно для решения следующих задач: очистки воздуха от пыли и насыщения его кислородом; защиты зданий от шума; обеспечения мест рекреации граждан, в т.ч. семей с детьми; создание благоприятных имиджей городов, в т.ч. в глазах туристов и инвесторов. В экономическом плане затраты на озеленение оправдываются также за счет социальных эффектов: снижения заболеваемости и смертности; увеличения продолжительности жизни и пр. Для полива ЗН обычно используются наиболее простые, но «ресурсоемкие» технологии, что может приводить и к повышению УГВ. Применение для управления поливом АСУ, в т.ч. использующих датчики влажности почвы, пока для России не характерно. Также в городах редко применяется капельное и подпочвенное орошение.

Для городского населения серьезную проблему представляет наличие в воздухе веществ-аллергенов, в т.ч. пыльцы растений и пуха. Датчики для определения в воздухе веществ-аллергенов технически реализовать очень сложно, в т.ч. из-за их малых концентраций. Поэтому КС обычно ограничиваются адекватным выбором высаживаемой растительности (включая цветы); выкашиванием лебеды на пустырях (актуально в основном для южных регионов, включая г. Астрахань); обнаружением и уничтожением особо опасных «карантинных сорняков», в т.ч. амброзии.

Выводы. 1. Систематизированы основные направления влияния развития современных городов на их потребности в коммунальном обслуживании, энергообеспечении. 2. Показана важность управления общегородскими КС для решения задач энергосбережения, обеспечения комфортности проживания граждан, поддержки эффективности деятельности организаций, обеспечения инвестиционной привлекательности городов, управления рекреационными возможностями жителей и туристов. 3. Обоснованы целесообразные направления интеллектуализации управления КС на основе расширения использования ИТКТ, развития различных систем связи, совершенствования алгоритмов анализа информации и принятия решений.

Список литературы

1. Агеев М. К. Концепция умных городов: энергоэффективные технологии и решения для устойчивого развития / М. К. Агеев // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2014. – № 9 (62). – С. 38–40.
2. Алексеев П. П. Интеллектуальная система городского освещения / П. П. Алексеев, А. А. Марков // Вопросы науки. – 2015. – Т. 3. – С. 60–64.
3. Башмаков И. А. Поддержка систем интеллектуального учета потребления энергоресурсов в жилых зданиях / И. А. Башмаков // Энергосбережение. – 2015. – № 7. – С. 16–21.
4. Баруздина Ю. Италия: интеллектуальные контейнеры для электронных отходов / Ю. Баруздина // Твердые бытовые отходы. – 2013. – № 9 (87). – С. 50–51.
5. Берваль А. В. Развитие способов управления с применением «умных» технологий в регионе (на примере сфере дорожного и жилищно-коммунального хозяйства города Казани) / А. В. Берваль, Т. А. Елохова // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 196–202.
6. Боброва Т. В. Моделирование решений по снегоочистке городской улично-дорожной сети в многоагентной системе / Т. В. Боброва, И. В. Слепцов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – № 5. – С. 51–57.
7. Боженков С. А. Интеллектуальное управление городом: смысл и условия реализации / С. А. Боженков // Социально-гуманитарные знания. – 2013. – № 12. – С. 30–38.
8. Брумштейн Ю. М. Интернет-сайты органов исполнительной власти в прикаспийских регионах России: анализ номенклатуры, функциональности и востребованности ресурсов / Ю. М. Брумштейн, Е. Ю. Васильковский, А. Н. Горбачева // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 3. – С. 52–68.
9. Брумштейн Ю. М. Дифференцированное управление вероятностями неблагоприятных событий и ущербов от них в рамках риск-менеджмента / Ю. М. Брумштейн, О. Н. Выборнова // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 1 (13). – С. 63–72.
10. Бычкова А. С. Analysis of problems and tasks of urban management and technologies of the smart city / А. С. Бычкова, А. Б. Нечаева, О. Н. Лулева, Р. А. Лунев, А. А. Стычук, А. М. Е. Ястребков // Информационные системы и технологии. – 2016. – № 2 (94). – С. 59–65.
11. Вершинина И. А. «Умные» города: перспективы появления и развития в России / И. А. Вершинина // Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 163–175.

13. Галиакбарова Э. В. Использование интеллектуальных датчиков давления для поддержания промышленной и пожарной безопасности газопроводной системы города / Э. В. Галиакбарова, В. Ф. Галиакбаров // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа. – ИПТЭР, 2014. – С. 353–354.
14. Глебова И. С. Возможности реализации концепции «умного города»: практика Российских городов / И. С. Глебова, Я. С. Ясницкая // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 1–3 (42–3). – С. 232–235.
15. Долгих Е. И. Умные города: перспективы развития в России / Е. И. Долгих, Е. В. Антонов, В. А. Ерлич // Урбанистика и рынок недвижимости. – 2015. – № 1. – С. 50–61.
16. Дюдикова Е. И. Анализ и управление рисками использования информационных технологий при работе с наличными, безналичными и электронными деньгами / Е. И. Дюдикова, Ю. М. Брумштейн, Н. Ю. Танюшева, Р. Ю. Демина, Е. Ю. Васильковский, А. Б. Кузьмина, И. А. Дюдинов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 1. – С. 161–175.
17. Животов О. О концепции освещения города Красноярск в свете экономии энергоресурсов / О. Н. Животов, Я. А. Кунгс, М. А. Робинвич // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 7. – С. 147–151.
18. Камаев В. А. Конвергентная модель сбора и распределенной обработки данных в системах энергетического мониторинга / В. А. Камаев, Е. А. Финогеев, А. Г. Финогеев, И. С. Нефедова, А. А. Финогеев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 3. – С. 58–75.
19. Камаев В. А. Инструментальные средства «облачного» мониторинга распределенных инженерных сетей / В. А. Камаев, А. Г. Финогеев, И. С. Нефедова, Е. А. Финогеев // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – Т. 22, № 25 (152). – С. 164–176.
20. Кираковский В. В. Анализ возможностей применения нейро-нечетких технологий при разработке проектов застройки территорий в условиях неполноты исходных данных / В. В. Кираковский, А. Н. Пылькин, А. О. Фаддеев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 1. – С. 74–86.
21. Киселева Е. А. Инновационные технологические решения применяемые для энергосбережения в системах городской инфраструктуры / Е. А. Киселева // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2011. – № 8. – С. 341–345.
22. Кучеров Ю. Н., Федоров Ю. Г. Концептуальные направления развития энергетической инфраструктуры «умного» города / Ю. Н. Кучеров, Ю. Г. Федоров // Энергетическая политика. – 2014. – № 5. – С. 64–71.
23. Логинов Е. Л. Развитие «интеллектуальных сетей» в электроэнергетике отраслей, регионов, городов России / Е. Л. Логинов // Управление мегаполисом. – 2011. – № 5. – С. 92–100.
24. Май Н. Т. Мультиагентный метод управления энергопотоками в гибридной энергосистеме с источниками возобновляемой энергии / Н. Т. Май, В. А. Камаев, М. В. Щербаков, Т. Х. Чинь // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 2. – С. 30–41.
25. Мингалева Ж. А. Применение концепции «умных» городов для решения проблем урбанистики / Ж. А. Мингалева // Инновационное развитие экономики: тенденции и перспективы. – 2015. – Т. 1. – С. 87–94.
26. Мкртчян В. С. Облачный мониторинг сети инженерных коммуникаций системы городского теплоснабжения в скользящем режиме / В. С. Мкртчян, А. Г. Финогеев, Е. А. Финогеев, Н. Н. Губанов // Отходы и ресурсы. – 2016. – Т. 3, № 1. – С. 3.
27. Парыгин Д. С. Метод регистрации событий в сложных территориально-распределенных городских системах / Д. С. Парыгин, А. Г. Финогеев, Р. В. Ольшевский // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2016. – № 11 (190). – С. 55–60.
28. Петрова З. К. Технологии «умного дома» и энергоэффективная малоэтажная жилая застройка / З. К. Петрова // Architecture and Modern Information Technologies. – 2010. – № 2 (11). – С. 25–34.
29. Подстречная С. Энергосберегающие технологии для уличного освещения / С. Подстречная // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2009. – № 7. – С. 98–99.
30. Разинькова А. В. «Умная» спецтехника для городского коммунального хозяйства / А. В. Разинькова // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 8. – С. 30–31.
31. Росляков А. В. Е-ЖКХ как элемент электронного правительства / А. В. Росляков // Вестник связи. – 2012. – № 7. – С. 36–38.
32. Трифонов М. С. От интеллектуальных зданий к умным городам / М. С. Трифонов // Энергосбережение. – 2013. – № 6. – С. 16–21.
33. Учаев Д. Ю. Анализ и управление рисками, связанными с информационным обеспечением человеко-машинных АСУ технологическими процессами в реальном времени / Д. Ю. Учаев, Ю. М. Брумштейн, И. М. Ажмухаев, О. М. Князева, И. А. Дюдинов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 2 (34). – С. 82–97.
34. «Умные» сети водоснабжения // Городское управление. – 2014. – № 2 (211). – С. 71–73.
35. Финогеев А. Г. Анализ данных в системе диспетчеризации городского теплоснабжения / А. Г. Финогеев, И. С. Нефедова, Е. А. Финогеев, Куанг Винь Тхай, В. А. Камаев, С. В. Шевченко, А. А. Финогеев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 2. – С. 182–196.
36. Шалагинов А. Концепция smart/safe city от "А" до "Я" / А. Шалагинов // Технологии и средства связи. – 2016. – № 3 (114). – С. 23–25.
37. Шилин А. А. «Умные» опоры воздушных линий электропередачи / А. А. Шилин, С. С. Дементьев // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 488–491.
38. Cohen Boyd. Methodology for 2014 smart cities benchmarking / Cohen Boyd. – Режим доступа: <http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015methodology> (дата обращения 03.03.2017), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

References

1. Ageev M. K. Kontseptsiya umnykh gorodov: energoeffektivnye tekhnologii i resheniya dlya ustoychivogo razvitiya [Concept of the smart cities: energy efficient technologies and decisions for sustainable development]. *Avtomatizatsiya i IT v energetike* [Automation and IT in an Power Industry], 2014, no. 9 (62), pp. 38–40.
2. Alekseev P. P., Markov A. A. Intellekturnaya sistema gorodskogo osveshcheniya [Intellectual system of city lighting]. *Voprosy nauki* [Science Questions], 2015, vol. 3, pp. 60–64.
3. Bashmakov I. A. Podderzhka sistem intellektualnogo ucheta potrebleniya energoresursov v zhilykh zdaniyakh [Support of systems of intellectual accounting of consumption of energy resources in residential buildings]. *Energobezrezhenie* [Energy Saving], 2015, no. 7, pp. 16–21.
4. Baruzdina Yu. Italiya: intellektualnye konteynery dlya elektronnykh otkhodov [Italy: intellectual containers for electronic waste]. *Tverdye bytovye otkhody* [Municipal Solid Waste], 2013, no. 9 (87), pp. 50–51.
5. Berval A. V., Yelokhova T. A. Razvitie sposobov upravleniya s primeneniem «umnykh» tekhnologiy v regione (na primere sfere dorozhnogo i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva goroda Kazani) [Development of management methods using "smart" technologies in the region (on an example of the sphere of road, housing and communal services of the city of Kazan)]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Proceedings of the Kazan State Architekturnal and Construction University], 2015, no. 3, pp. 196–202.
6. Bobrova T. V., Sleptsov I. V. Modelirovanie resheniy po snegochistke gorodskoy ulichno-dorozhnoy seti v mnogoagentnoy sisteme [Modeling of snow clearing decisions for a city street road net in multiagent system]. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobilno-dorozhnoy akademii* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy], 2013, no. 5, pp. 51–57.
7. Bozhenov S. A. Intellekturnoe upravlenie gorodom: smysl i usloviya realizatsii [Intellectual management of the city: sense and conditions of implementation]. *Sotsialno-gumanitarnye znaniya* [Social and Humanitarian Knowledge], 2013, no. 12, pp. 30–38.
8. Brumshteyn Yu. M., Vaskovskiy Ye. Yu., Gorbacheva A. N. Internet-sayty organov ispolnitelnoy vlasti v prikaspiyskikh regionakh Rossii: analiz nomenklatury, funktsionalnosti i vostrebovanosti resursov [The websites of executive authorities in Caspian regions of Russia: analysis of the nomenclature, functionality and demand of resources]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 3, pp. 52–68.
9. Brumshteyn Yu. M., Vybornova O. N. Differentsirovannoe upravlenie veroyatnostyami neblagopriyatnykh sobyitiy i ushcherbov ot nikh v ramkakh risk-menedzhmenta [The differentiated management of probabilities of unfavorable events and damages from them within a risk management]. *Nadezhnost i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and Quality of Complex Systems], 2016, no. 1 (13), pp. 63–72.
10. Bychkova A. S., Nechaeva A. B., Luneva O. N., Lunev R. A., Stychuk A. A., Yastrebkov A. M. Ye. Analysis of problems and tasks of urban management and technologies of the smart city. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Information Systems and Technologies], 2016, no. 2 (94), pp. 59–65.
11. Vershinina I. A. «Umnye» goroda: perspektivy poavleniya i razvitiya v Rossii [The "smart" cities: prospect of emergence and development in Russia]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 18: Sotsiologiya i politologiya* [Bulletin of the Moscow University. Series 18: Sociology and Political Science], 2016, vol. 22, no. 2, pp. 163–175.
12. Galiakbarova E. V., Galiakbarov V. F. Ispolzovanie intellektualnykh datchikov davleniya dlya podderzhaniya promyshlennoy i pozharnoy bezopasnosti gazoprovodnoy sistemy goroda [Use of intelligent sensors of pressure for maintenance industrial and fire safety of the gas pipeline system of the city]. *Problemy i metody obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti sistem transporta nefi, nefteproduktov i gaza* [Problems and Methods of Ensuring Reliability and Safety of Systems of Transport of Oil, Oil Products and Gas], IPTER Publ., 2014, pp. 353–354.
13. Glebova I. S., Yasnitskaya Ya. S. Vozmozhnosti realizatsii kontseptsii «umnogo goroda»: praktika Rossiyskikh gorodov [Realization opportunities of the "the smart city" concept: practice of the Russian cities]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 2014, no. 1–3 (42–3), pp. 232–235.
14. Dolgikh Ye. I., Antonov Ye. V., Yerlich V. A. Umnye goroda: perspektivy razvitiya v Rossii [Smart cities: the prospects of development in Russia]. *Urbanistika i rynek nedvizhimosti* [Urbanistics and the Real Estate Market], 2015, no. 1, pp. 50–61.
15. Dyudikova Ye. I., Brumshteyn Yu. M., Tanyushcheva N. Yu., Demina R. Yu., Vaskovskiy Ye. Yu., Kuzmina A. B., Dyudikov I. A. Analiz i upravlenie riskami ispolzovaniya informatsionnykh tekhnologiy pri rabote s nalichnymi, beznalichnymi i elektronnyimi dengami [The analysis and risk management of information technologies usage during the work with cash, non-cash and electronic money]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2016, no. 1, pp. 161–175.
16. Zhivotov O. N., Kungs Ya. A., Robinovich M. A. O kontseptsii osveshcheniya goroda Krasnoyarska v svete ekonomii energoresursov [About the concept of city of Krasnoyarsk lighting from viewpoint of energy resources economy]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University], 2012, no. 7, pp. 147–151.
17. Kamaev V. A., Finogeev Ye. A., Finogeev A. G., Nefedova I. S., Finogeev A. A. Konvergentnaya model sbora i raspredelennoy obrabotki dannykh v sistemakh energeticheskogo monitoringa [Convergent model of collection and the distributed data processing in systems of energy monitoring]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 3, pp. 58–75.
18. Kamaev V. A., Finogeev A. G., Nefedova I. S., Finogeev Ye. A. Instrumentalnye sredstva «oblachnogo» monitoringa raspredelennykh inzhenernykh setey [Tools of "cloudy" monitoring of the distributed engineering networks]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2014, vol. 22, no. 25 (152), pp. 164–176.

20. Kirakovskiy V. V., Pylkin A. N., Faddeev A. O. Analiz vozmozhnostey pri-meneniya neyronechetkikh tekhnologiy pri razrabotke proektov zastroyki territoriy v usloviyakh nepolnoty iskhodnykh dannykh [The analysis of opportunities for application of neuro and indistinct technologies when developing projects of territories building in the conditions of basic data incompleteness]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 1, pp. 74–86.
21. Kiseleva Ye. A. Innovatsionnye tekhnologicheskie resheniya primenyaemye dlya energosberezheniya v sistemakh gorodskoy infrastruktury [The innovative technology solutions applied to energy saving in systems of city infrastructure]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering], 2011, no. 8, pp. 341–345.
22. Kucherov Yu. N., Fedorov Yu. G. Kontseptualnye napravleniya razvitiya energeticheskoy infrastruktury «um-nogo» goroda [Conceptual directions of development of the "smart" city energy infrastructure]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2014, no. 5, pp. 64–71.
23. Loginov Ye. L. Razvitie «intellektualnykh setey» v elektroenergetike otrasley, regionov, gorodov Rossii [De-velopment of "intellectual networks" in power industry of industries, regions, cities of Russia]. *Upravlenie megapolisom* [Management of the Megalopolis], 2011, no. 5, pp. 92–100.
24. May N. T., Kamaev V. A., Shcherbakov M. V., Chin T. Kh. Multiagentnyy metod upravleniya energopotokami v gibrinoy energosisteme s istochnikami vozobnovlyаемoy energii [Multiagent method of power flows management in the hybrid power supply system with sources of renewable energy]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2013, no. 2, pp. 30–41.
25. Mingaleva Zh. A. Primenenie kontseptsii «umnykh» gorodov dlya resheniya pro-blem urbanistiki [Application of the "smart" cities concept for the solution of urbanistics problems]. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki: tendentsii i perspektivy* [Innovative Development of Economy: Tendencies and Prospects], 2015, vol. 1, pp. 87–94.
26. Mkrtchyan V. S., Finogeev A. G., Finogeev Ye. A., Gubanov N. N. Oblachnyy monitoring seti inzhenernykh kommunikatsiy sistemy gorodskogo teplosnabzheniya v skolzyashchem rezhime [Cloudy monitoring of network of engineering communications of system of city heat supply in the sliding mode]. *Otkhody i resursy* [Waste and Resources], 2016, vol. 3, no. 1, pp. 3.
27. Parygin D. S., Finogeev A. G., Olshevskiy R. V. Metod registratsii sobytiy v slozhnykh territorialno-raspredeleennykh gorodskikh sistemakh [Method of events registration in the complex territorial distributed city systems]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volgograd State Technical University], 2016, no. 11 (190), pp. 55–60.
28. Petrova Z. K. Tekhnologii «umnogo doma» i energoeffektivnaya maloetazhnaya zhilaya zastroyka [Technolo-gies of "the smart house" and energy efficient low-rise housing estate]. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2010, no. 2 (11), pp. 25–34.
29. Podstrechnaya S. Energosberegayushchie tekhnologii dlya ulichnogo osveshcheniya [Energy-saving technolo-gies for street lighting]. *Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronics: Science, Technology, Business], 2009, no. 7, pp. 98–99.
30. Razinkova A. V. «Umnaya» spetsstekhnika dlya gorodskogo kommunalnogo khozyaystva ["Smart" special equipment for city municipal economy]. *Tverdye bytovye otkhody* [Municipal Solid Waste], 2011, no. 8, pp. 30–31.
31. Roslyakov A. V. Ye-ZhKKh kak element elektronnoy pravitelstva [E-ZhKH as element of the electronic gov-ernment]. *Vestnik svyazi* [Messenger of Communication], 2012, no. 7, pp. 36–38.
32. Trifonov M. S. Ot intellektualnykh zdaniy k umnym gorodam [From intellectual buildings to the smart cities]. *Energosberezhenie* [Energy Saving], 2013, no. 6, pp. 16–21.
33. Uchaev D. Yu., Brumshteyn Yu. M., Azhmukhadodov I. M., Knyazeva O. M., Dyudikov I. A. Analiz i upravlenie riskami, svyazannymi s informatsionnym obespecheniem cheloveko-mashinnykh ASU tekhnologicheskimi protsessami v realnom vremeni [The analysis and management of risks, connected with information support for man-machine automated control systems for technological processes in real time]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2016, no. 2 (34), pp. 82–97.
34. «Umnye» seti vodosnabzheniya ["Smart" networks of water supply]. *Gorodskoe upravlenie* [Municipal Gov-ernment], 2014, no. 2 (211), pp. 71–73.
35. Finogeev A. G., Nefedova I. S., Finogeev Ye. A., Kuang Vin Tkhai, Kamaev V. A., Shevchenko S. V., Fino-geev A. A. Analiz dannykh v sisteme dispatcherizatsii go-rodskogo teplosnabzheniya [The analysis of data in system of city heat supply scheduling]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Tech-nologies], 2014, no. 2, pp. 182–196.
36. Shalaginov A. Kontseptsiya smart/safe city ot "A" do "Ya" [The concept of smart/safe city from "A" to "Ya"]. *Tekhnologii i sredstva svyazi* [Technologies and Means of Communication], 2016, no. 3 (114), pp. 23–25.
37. Shilin A. A., Dementev S. S. «Umnye» opory vozduzhnykh liniy elektrope-redachi ["Smart" support of air-lines of an electricity transmission]. *Innovatsionnye, informatsionnye i kommunikatsionnye tekhnologii* [Innovative, Informa-tion and Communication Technologies], 2016, no. 1, pp. 488–491.
38. Cohen Boyd. *Methodology for 2014 smart cities benchmarking*. Available at: <http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015methodology> (accessed 03.03.2017).