

Болотских Н.С., Болотских Н.Н.*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: tgvtver@gmail.com;
orcid.org/000-0002-7756-6550, orcid.org/000-0003-0756-7264)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ КРОВЕЛЬ И ВОДОСТОКОВ ЗДАНИЙ

Рассмотрен ряд вопросов, связанных с проектированием систем антиобледенения кровель и водосточных зданий с помощью нагревательных кабелей, кратко описаны различные типы кабелей и технологий их применения, даны рекомендации по их выбору и дальнейшему эффективному применению в практике борьбы с обледенением кровель и водосточных зданий.

Ключевые слова: нагревательный кабель, система антиобледенения, кровля, водосток, кабельный обогрев.

Введение. В зимний период на кровлях зданий нередко скапливаются значительные массы снега, которые в дальнейшем в результате температурных колебаний образуют ледяные наросты в виде глыб льда и сосулек. Под их воздействием происходит разрушение кровли, желобов, водосточных труб и фасадов зданий. При этом ущерб от такого обледенения и последующие затраты на их реставрацию практически сопоставимы со средствами, которые необходимы для возведения новой кровли. Кроме того, вследствие падения сосулек и глыб льда существует большая опасность получения тяжелых телесных увечий мимо проходящими людьми либо серьезных повреждений припаркованных поблизости здания автомобилей.

Выполняемая периодически очистка (чаще всего с использованием ручного труда) крыши от снежных и ледяных скоплений, как правило, сложна и опасна. Нередко при скалывании льда и последующем его падении имеют место повреждения самого кровельного покрытия, желобов и водосточных труб, а также отдельных элементов фасада здания. От такого способа борьбы с обледенением кровель и водосточных систем различных зданий изначально, до начала проектирования, следует отказываться.

Как показала практика эффективным способом борьбы с обледенением кровель и водосточных систем является тепловой с использованием специальных электрических нагревательных кабелей. С помощью

таких кабелей осуществляется обогрев кровли и водосточных труб, полностью исключая накопление на них наледей и обеспечивая работоспособность водосточной системы в сложных погодных условиях.

Системы антиобледенения кровель и водосточных зданий на основе нагревательных кабелей в мировой практике получили достаточно широкое применение. Ряд крупных компаний мира: ELTHERM (Германия), I THERM (США), ELTRACE (Франция), ENSTO (Финляндия), DEVI A/S (Дания), FINE KOREA (Корея), ROS-ТОК (Украина) [1, 2, 3] и др. для этих целей осуществляют выпуск достаточно большого количества различных типов и марок нагревательных кабелей, с помощью которых обеспечивается эффективный обогрев кровель практически любых конфигураций. Ряд из упомянутых выше компаний кроме выпуска кабелей занимаются проектированием, монтажом и последующим сервисным обслуживанием систем антиобледенения кровель и водосточных зданий. Настоящая статья посвящена анализу и обобщению достигнутых результатов проектирования эффективных систем антиобледенения кровель и водосточных систем на базе электрических нагревательных кабелей для последующего их использования в Украине.

Целью настоящего исследования является разработка научно-обоснованных рекомендаций по выбору, расчету и проектированию эффективных кабельных

систем антиобледенения кровель и водостоков зданий.

Основное содержание. Системы антиобледенения кровель и водостоков зданий призваны: не допускать образования опасных обледенелых наростов и сосулек; защищать как саму кровлю, так и фасады зданий от возможных повреждений и разрушений; увеличивать продолжительность срока эксплуатации кровельных покрытий; существенно экономить средства на чистке крыш от снега и льда, а также на ремонтах кровель и фасадов; сохранять внешний привлекательный вид архитектурного сооружения. Элементы систем антиобледенения должны предусматриваться на этапе проектирования здания, а также максимально интегрироваться в комплексах желобов, водосточных труб и ендовых ещё на этапе строительства.

Кабельные системы антиобледенения состоят из трех основных частей: 1) греющая часть, включающая в себя нагревательные кабели и их крепеж; 2) система управления – датчики, терморегуляторы, пусковая и защитная аппаратура; 3) распределительная сеть, содержащая силовую и информационную проводки, обеспечивающие электрическое питание греющей части и обеспечивающие связь датчиков с приборами управления.

Эффективность работы этих систем в холодные периоды года существенно зависит от правильности выбора типов, марок и количества нагревательных кабелей и схем их монтажа с учетом конфигурации крыши и вероятности лавинообразного схода снежного покрова и льда, а также от подбора необходимых приборов и элементов системы управления (терморегуляторов, датчиков и т.д.) Для решения этих вопросов, безусловно, необходим глубокий анализ характеристики самой крыши здания. При проведении этого анализа следует в первую очередь учитывать следующие параметры и факторы [4]: характеристику климатических условий местности; наличие теплой или холодной крыши; материалы, из которых построена крыша; высота и уклон крыши; ориентация крыши по сторонам света; размеры желобов, приемных воронок и

водосточных труб. Теплой называется плохо изолированная крыша, кровля которой прогревается, вызывая при этом таяние снега с последующим замерзанием талой воды. Крыши холодного типа обладают высокой теплоизоляцией.

При проектировании систем антиобледенения кровель и водостоков зданий следует соблюдать ряд важнейших требований:

1) кабельные системы антиобледенения должны включаться в работу только в случаях необходимости в зависимости от метеообстановки, их следует использовать чаще всего во время оттепелей и в весенне-осенний период, так как при температурах наружного воздуха ниже -15°C наледь не образуется и в этих случаях нет необходимости в их использовании;

2) системы антиобледенения должны быть оснащены соответствующими приборами (датчиками температуры, терморегулятором и др.) для управления работой в зависимости от погодных условий их эксплуатации;

3) монтаж нагревательных кабелей должен осуществляться только на самых уязвимых местах кровли и водостоков, где возможно скопление воды и появление льда, таким образом, чтобы талая вода полностью естественным путем уходила с кровли, а на всем пути её движения должны быть установлены нагревательные кабели;

4) для всех участков системы антиобледенения должны соблюдаться установленные нормы мощности нагревательных кабелей [5, 6]: а) для горизонтальных участков поверхностей кровли суммарная удельная (на единицу площади) мощность ($q_{y\partial}^{kp}$) должна находиться в пределах от 180 до 250 Вт/м²; б) для различных элементов водосточной системы линейная удельная мощность должна быть в пределах от 20 до 70 Вт/м (в частности, для желобов $q_{y\partial}^*$ - от 60 Вт/м, а водосточных труб $q_{y\partial}^{mp}$ - не менее 25 – 30 Вт/м).

Системы антиобледенения кровель и водостоков базируются на трех типах нагревательных кабелей: резистивных,

саморегулирующихся и индуктивных [7]. Резистивные кабели отличаются простой конструкцией и общей доступностью. Они делятся на две группы: линейные и зональные. Линейные кабели выделяют тепло при прохождении электрического тока внутри нагревательной жилы. Количество этих жил в одном кабеле может быть от одной до трех. Внутри конструкции кабеля эти жилы могут располагаться как параллельно друг другу, так и перекрещиваться. Такие кабели могут сохранять постоянную температуру без перегрева. На рис. 1. показано устройство двухжильного линейного резистивного кабеля.

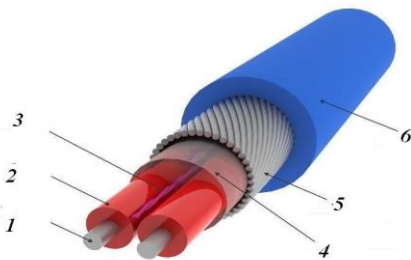


Рис. 1. Устройство резистивного двухжильного линейного кабеля для обогрева кровель и водосточных систем зданий: 1 – проводник (греющая жила); 2 – изоляция проводника; 3 – идентификационные волокна (цветные нити); 4 – внутренняя оболочка; 5 – оплетка (защитный экран); 6 – наружная оболочка.

Греющие жилы такого кабеля изготавливаются из сплава NiCr, а их изоляция – из фторполимера марки ЕСТРЕ/ЕТФЕ. Наружная оболочка кабеля изготавливается из полимера марки LSON, а внутренняя – из полимера марки ПЭВД.

Зональные кабели по принципу работы не отличаются от линейных. Однако, у них есть некоторые конструктивные особенности. Они имеют две изолированные жилы, расположенные друг от друга на определенном расстоянии и замыкающиеся через определенный шаг в специальных «окнах» нагревательной спирали, идущей поверх изоляции. В результате этого температура самого кабеля не зависит от температуры окружающей среды. Поэтому эти кабели часто называют кабелями постоянной мощности.

Саморегулирующийся кабель [8] (рис. 2.) имеет две неизолированные

жилы, расположенные параллельно друг другу.

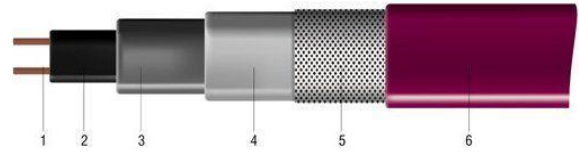


Рис. 2. Устройство саморегулирующегося кабеля для обогрева кровель и водосточных систем зданий: 1 – токопроводящие медные жилы; 2 – нагревательная матрица с эффектом «саморегулирования»; 3 – первый слой изоляции; 4 – второй слой изоляции из полиолефина; 5 – экранирующая оплетка из луженой меди; 6 – защитная оболочка из полиолефина.

Эти жилы помещены в полупроводящую матрицу, имеющую полиэтиленовую основу с зернами мелкодисперсного графита. Эта матрица увеличивает сопротивление при нагреве, что приводит к эффекту «саморегуляции». При снижении температуры окружающей среды полимер начинает нагреваться больше. При перегреве ток и тепловыделение уменьшаются. Таким образом, саморегулирующийся кабель в зависимости от температуры окружающей среды способен автоматически изменять степень нагрева. Эти кабели по сравнению с резистивными имеют меньшее энергопотребление и более высокую надежность.

Индуктивные нагревательные кабели [9] включают в себя ферромагнитные элементы, вокруг которых подобно обмотке проходят изолированные жилы, которые индуцируют сердечник, заставляя его нагреваться. Эти кабели имеют большую линейную мощность по сравнению с резистивными. Принцип работы таких нагревательных кабелей показан на рис. 3.



Рис. 3. Принципиальная схема работы индуктивного кабеля, используемого в системах антиобледенения кровель и водостоков зданий [7].

В системах антиобледенения кровель и водостоков описанные выше типы

нагревательных кабелей используются как в отдельности, так и в различных комбинациях (например, для обогрева кровли используются резистивные кабели, а различных элементов водосточной системы – саморегулирующиеся).

Монтаж (укладка и крепление) нагревательных кабелей в зависимости от конфигурации кровли и многих других факторов может быть различным. Кабели на поверхностях кровли могут укладываться в виде параллельных либо волнистых линий. Их крепление к поверхности кровли осуществляется с использованием: клипс, крепежных лент, алюминиевых клейких лент, мастики и клея. На рис. 4, для примера, показаны два способа укладки нагревательного кабеля на поверхности кровли с креплением его с помощью клейких алюминиевых лент (рис. 4, а) и специальных клипс (рис. 4, б) [7].

Для обогрева водосточной системы здания нагревательные кабели монтируются прежде всего в желобах, водосточных приемных воронках и трубах. При этом в трубах монтаж кабелей осуществляется с использованием тросов, что позволяет избегать возможные нарушения их целостности.

Весьма важным этапом при проектировании систем антиобледенения является выбор типов нагревательных кабелей, а также определение зон и схем их размещения на кровле и элементах системы водоотвода. При выборе типа кабеля целесообразно иметь в виду то, что согласно данным из практики применения систем антиобледенения кровель и водосточков в настоящее время самыми популярными греющими кабелями являются саморегулирующиеся. Их удобнее всего использовать, так как они самостоятельно регулируют свою работу в зависимости от температуры окружающей среды. При их использовании энергозатраты чаще всего минимальны. Эти кабели редко приходят в негодность из-за слишком высокой температуры.



а)



б)

Рис. 4. Способы монтажа нагревательных кабелей в системах антиобледенения кровель и желобов с фиксацией их с помощью: а) клейких алюминиевых лент; б) специальных клипс.

Резистивные и индуктивные кабели не могут работать без контроля. Поэтому их используют в составах систем антиобледенения с дополнительными датчиками температуры. Выбор между двумя этими кабелями зависит от погодных условий. В условиях сурового климата предпочтение отдается индуктивному кабелю, который при небольшом расходе электроэнергии может обеспечивать самую высокую температуру и в короткие сроки устранить ледяной засор. Резистивные кабели действуют медленнее, поэтому их лучше использовать там, где проблема обледенения не так остра, а работа системы необходима только при сильном снижении температуры. Высокую эффективность обеспечивают комбинированные системы антиобледенения, включающие в себя секции с кабелями постоянной мощности и с саморегулирующимися. По энергопотреблению и цене такие системы дороже, чем на основе резистивных кабелей, но дешевле, чем саморегулирующихся [4, 8].

В целом системы антиобледенения, проектируемые на базе выше упомянутых нагревательных кабелей, при

оптимальных финансовых и энергетических затратах исключают протечки практически любых кровель, повышают срок службы их покрытий, не допускают повреждений фасадов зданий и исключают необходимость в механической чистке их крыш.

Для обеспечения эффективной и надежной работы систем антиобледенения кровель и водостоков зданий необходимо при их проектировании тщательно подходит не только к выбору типов кабелей, но их марок, а также к расчетам их мощностей.

Общая потребная мощность системы обледенения определяется по выражению

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{общ}}^{\text{кр}} + N_{\text{общ}}^{\text{вод}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{общ}}^{\text{кр}}$ - общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых на кровле здания; $N_{\text{общ}}^{\text{вод}}$ - общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в системе водостока.

Общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых на кровле здания, определяется по выражению

$$N_{\text{общ}}^{\text{кр}} = q_{\text{кр}}^{\text{уд}} \cdot F_{\text{кр}}, \quad \text{Вт} \quad (2)$$

где $q_{\text{кр}}^{\text{уд}}$ - нормируемая потребная удельная мощность (на единицу площади) нагревательных кабелей, Вт/м² [5]; $F_{\text{кр}}$ - суммарная площадь зон кровли, на которых будут монтироваться нагревательные кабели, м².

Общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в системе водостока, представляет собой

$$N_{\text{общ}}^{\text{вод}} = N_{\text{общ}}^* + N_{\text{общ}}^{\text{мп}}, \quad \text{Вт} \quad (3)$$

где $N_{\text{общ}}^*$ - общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в желобах, Вт; $N_{\text{общ}}^{\text{мп}}$ - общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в водосточных трубах, Вт.

Общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в желобах, определяется по выражению

$$N_{\text{общ}}^* = q_{\text{уд}}^* \cdot L_*, \quad \text{Вт} \quad (4)$$

где $q_{\text{уд}}^*$ - нормируемая потребная удельная линейная мощность нагревательных кабелей, Вт/м [6]; L_* - суммарная длина

желобов, в которых предусматривается монтаж нагревательных кабелей, м.

Общая потребная мощность нагревательных кабелей, монтируемых в водосточных трубах, определяется по выражению

$$N_{\text{общ}}^{\text{мп}} = q_{\text{уд}}^{\text{мп}} \cdot L_{\text{мп}}, \quad \text{Вт} \quad (5)$$

где $q_{\text{уд}}^{\text{мп}}$ - нормируемая потребная линейная удельная мощность нагревательных кабелей, Вт/м [6]; $L_{\text{мп}}$ - суммарная длина водосточных труб, в которых предусматривается монтаж нагревательных кабелей, м.

Подсчитанные значения общей потребной мощности кабельной системы антиобледенения являются предварительными (ориентировочными), так как величина потребной удельной мощности нагревательных кабелей принималась в пределах нормируемых значений. Уточнение же этих значений производится после окончательного выбора марок нагревательных кабелей для обогрева всех элементов системы антиобледенения кровли и водостоков. При этом величины удельной мощности ($q_{\text{уд}}$), принимаемые по каталогам компаний – изготовителей нагревательных кабелей, имеют фиксированные конкретные значения. Общая мощность нагревательных кабелей систем антиобледенения, безусловно, в первую очередь зависит от сложности формы кровли и обогреваемой площади. Поэтому она может варьироваться в широких пределах (от 2 до 50 кВт) [10].

В соответствии с выполненными расчетами производится проектирование распределительной сети системы антиобледенения [11]. В состав распределительной сети входят силовые и информационные кабели, которые соответствуют условиям работы на кровлях, а также распределительные коробки.

Управление системой антиобледенения [12] должно быть автоматическим, подходящим для конкретного здания и климатической зоны, и надежным. При сравнительно небольших объемах кровли и относительно малом расходе электроэнергии управление системой антиобледенения может базироваться на использовании простого регулятора температуры.

Он включает систему антиобледенения при определенном диапазоне температур окружающего воздуха и, соответственно, включает её при выходе за рамки установленных значений. Для сложных по конфигурации и больших по объемам кровель автоматическое управление осуществляется с использованием мини метеостанций. Система антиобледенения автоматически включается только в случае выпадения снега. Для её реализации используются датчики температуры и осадков. При фиксации попадания снега система антиобледенения переходит в режим работы. Когда же осадки пропадают с датчика, происходит некоторая задержка с целью отвода талой воды с кровли, а затем включается режим ожидания.

При проектировании систем антиобледенения кровель и водостоков зданий с использованием нагревательных кабелей необходимо строго соблюдать требования пожаро- и электробезопасности. Для этого должны выполняться следующие условия [5]: необходимо использовать только сертифицированные негорючие или не поддерживающие горение кабели; греющие элементы систем антиобледенения должны быть оснащены устройством защитного отключения при перегрузках (УЗО) или дифференциальным автоматом с током утечки до 30 мА; сложные системы антиобледенения необходимо разбивать на отдельные участки, ток утечки для которых не превышает упомянутое выше значение.

Выводы. 1. Мировая практика убедительно доказала, что наиболее эффективными средствами борьбы с обледенением кровель и водостоков зданий в настоящее время являются системы на основе электрических нагревательных кабелей. При их использовании исключаются протечки кровли, повреждения водостоков и фасадов зданий, повышается срок службы покрытий и отпадает необходимость в механической очистке крыши от снега и льда.

2. Для создания систем антиобледенения кровель и водостоков зданий различными мировыми компаниями

выпускаются три типа электрических нагревательных кабелей: резистивные, саморегулирующиеся и индуктивные.

3. При проектировании систем антиобледенения одним из важнейших этапов является выбор типов и марок нагревательных кабелей, а также определение зон и схем их размещения на кровлях и водостоках зданий с учетом характеристики их конструкций и климатических условий местности.

4. Наиболее эффективными средствами борьбы с обледенением кровель зданий при оптимальных энергетических и финансовых расходах являются комбинированные системы, включающие в себя секции нагревательных кабелей постоянной мощности (резистивных и индуктивных) и саморегулирующихся.

5. Для обеспечения стабильного стока талой воды с кровли целесообразно использовать саморегулирующиеся кабели, монтируемые в водосточной системе в местах наиболее вероятного накопления наледи (желобах, приемных воронках, водосточных трубах и др.) Такие кабели способны изменять уровень теплоотдачи в зависимости от температуры окружающей среды, обеспечивать экономию электроэнергии и высокую надежность системы антиобледенения.

6. Правильно спроектированная и рассчитанная кабельная система антиобледенения позволяет полностью удалять со всей поверхности кровли талую воду и исключать образование наледей на крыше и в водостоках. Область применения таких систем антиобледенения кровель и водостоков зданий целесообразно расширять в Украине.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Греющий кабель. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/11>.
2. Нагревательный кабель ENSO. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/36-enso>.
3. О компании ООО «Инженерные системы ЛТД». веб-сайт. URL: <https://devi.kiev/informatsiya/o-kompanii.html>.
4. Антиобледенение крыш. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/38-antiobledenie-krysh>.

5. Кабельный обогрев в системе антиобледенения. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/26-kabelnyi-obogrev>.
6. Кабельные системы «антилед» на основе греющих кабелей. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/23-antiled>.
7. Кабель для обогрева кровли и водосток: как выбрать, виды и цена. веб-сайт. URL: <http://kanalizaciya.tv/vodo-stok/215-kabel-dlya-obogreva-krovli-i-vodostokov-kak-vybrat-vidy-cena.html>.
8. Система антиобледенения кровли. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/items/4-sistema-antiobledeneniya-krovli>.
9. Индуктивные нагревательные кабели. веб-сайт. URL: <http://vse-elektrichestvo.ru/novosti/nagrevatelnye-kabeli.htm/>.
10. Крыши без наледи и сосулек. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/27-kryshi-bez-naledi-i-sosulek>.
11. Управление системами антиобледенения. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/24-upravlenie-sistemami-antiobledeneniya>.
12. Система антиобледенения кровли. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/28-sistema-antiobledeneniya-krovli>.

Болотських М.С., Болотських М.М. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕННЯ ПОКРІВЕЛЬ І ВОДОСТОКІВ БУДІВЕЛЬ. Розглянута низка питань, пов'язаних з проектуванням покрівель і водостоків будівель з допомогою нагрівальних кабелів, стисло описані різні типи кабелів і технологій їх застосування, дані рекомендації по їх вибору і подальшому застосуванню в практиці боротьби з обледенінням покрівель і водостоків будівель.

Ключові слова: нагрівальний кабель, система антиобледеніння, покрівля, водостік, кабельний обігрів.

Bolotskykh N.S., Bolotskykh N.N. DESIGN OF ROOF ANTI-ICING SYSTEMS AND GUTTER BUILDINGS. Considered a number of issues, associated with the design of roof anti-icing systems and gutter buildings using heating cables. Different types of cables are briefly described and technologies for their use, are given recommendations on their choice and further effective use in the practice of anti-icing roofs and gutters of buildings.

Keywords: heating cable, anti-icing system, roofing, gutter, cable heating.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-335-341
УДК 628.353.2

Цитлишвили Е.А., Проскурнин О.А.

НИУ «Украинский НИИ экологических проблем»

*(ул. Бакулина 6, Харьков, 61166, Украина; e-mail: oaпроскурнин@mail.ru;
orcid.org/0000-0001-9774-9306)*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Обосновывается проблема обеспечения экологической безопасности сбросов сточных вод предприятий пищевой промышленности в водные объекты. Проблема вытекает из специфики производства – значительного колебания концентраций загрязняющих веществ в сточных водах на различных стадиях производственного процесса. По этой причине рассчитанные нормативы на сброс сточных вод по усредненным значениям не гарантируют неперевышение допустимой загрязненности водоприемника сточных вод. В качестве решения проблемы предложен более эффективный способ очистки сточных вод с помощью дискового биореактора полного вытеснения. Предлагаемый метод очистки, при котором реализуется возможность проведения всех этапов биодegradации аммонийного азота и соединений фосфора в едином блоке, обеспечит неперевышение нормативов качества воды водоприемника даже при максимальных концентрациях загрязняющих веществ в сточной воде. Отмечается, что достоинством предлагаемого способа очистки являются также экономическая эффективность (за счет снижения затрат на электроэнергию для дополнительной аэрации), уменьшение количества образываемого ила, а также более высокая экологичность самого процесса. Приведен модельный пример расчета для сброса сточных вод молочного завода средней мощности в малую реку, подтверждающий экологическую эффективность предлагаемого способа очистки.