



# АО «ТЕХНО - Т»

300028, г.Тула, ул.Болдина, 94

Тел./факс: (4872) 21-91-09

E-mail: [support@techno-t.net](mailto:support@techno-t.net)

Web: [www.techno-t.net](http://www.techno-t.net), [www.3v-e.ru](http://www.3v-e.ru)

РАСХОДОМЕРЫ - СЧЕТЧИКИ БЕЗНАПОРНЫХ ПОТОКОВ РСБП «СТРИМ» предназначены для контроля и учета безнапорных потоков жидкости в открытых и закрытых каналах, в т.ч. канализационных стоков.

Сертифицированы Федеральным Агентством по техническому регулированию и метрологии (Госстандарт РФ) и зарегистрированы в Госреестре средств измерений РФ под № 27874-09 и в Госреестре системы обеспечения единства измерений Республики Казахстан под № KZ.02.03.07375-2016/27874-09.

Расходомеры «СТРИМ» выпускаются с 2005 года, эксплуатируются по всей территории РФ от Чукотки до Санкт-Петербурга, в Казахстане, Белоруссии и Узбекистане. За время эксплуатации не было ни одного аппаратного отказа.

**Базовый состав РСБП «СТРИМ»:** преобразователь уровня (ПУП), преобразователь скорости потока (ПСП), блок индикации БИТТ-01, блок соединений и защиты (БСЗ), блок питания (БПСТТ-1).

**Дополнительное оборудование и программное обеспечение:** ПО «Менеджер данных» для формирования журнала измерений и хранения информации, устройство переноса информации для переноса информации из блока индикации в ПЭВМ с ПО «Менеджер данных», блок мобильной связи GPRS-02. ПУП и ПСП устанавливаются непосредственно на коллекторе, остальное оборудование на расстоянии до 1000 м.

**Информационные каналы:** интерфейс RS-485 протокол Modbus, токовый выход 4-20 мА, пропорциональный текущему значению расхода.

#### Отличительные особенности:

- принцип измерения «площадь – скорость»,
- прямое измерение уровня и скорости потока,
- измерение ламинарного и турбулентного потоков,
- измерение в широком диапазоне климатических факторов, в т.ч. при осадках, туманах и испарениях любой интенсивности, в аэрозоленасыщенных потоках, с пенообразованием на поверхности жидкости, в диапазоне температур от минус 40 до плюс 60 0 С,
- простота монтажа, не требует специальной высокой квалификации специалистов, т.е. обеспечивает возможность самостоятельного монтажа.

#### Основные технические характеристики:

- диапазон измерения уровня, м ... 0,03 - 4
- погрешность измерения уровня, % ...  $\pm 0,3$
- диапазон измерения средней скорости потока, м/с ... 0,01 - 3
- погрешность измерения средней скорости потока, % ...  $\pm 1,5$
- погрешность измерения расхода и объема жидкости, % ...  $\pm 2$
- межповерочный интервал - 2 года
- срок службы - 10 лет



# Безнапорные расходомеры как эффективный инструмент энергоэффективности и экологической безопасности на примерах опыта эксплуатации расходомеров-счетчиков безнапорных потоков «СТРИМ»



В статье рассмотрены проблемы инструментального контроля параметров безнапорных потоков. Представлены расходомеры-счетчики безнапорных стоков «СТРИМ». Показаны преимущества данных приборов 3-го поколения перед расходомерами 2-го поколения, а также перед теоретическим расчетом расходных значений.

АО «Техно-Т», г. Тула

Данная статья посвящена инструментальному контролю параметров безнапорных потоков.

Естественные природные безнапорные потоки – это реки и ручьи. Искусственные безнапорные потоки – это оросительные и прочие каналы, участки канализационных, ливневых и других коллекторов, в которых движение воды происходит за счет существующего уклона.

Расходные характеристики потока в таких каналах зависят от их габаритных размеров и значения уклона. На параметры потока также влияет состояние самих каналов, в которых транспортируется вода, а именно изломы, местные разрушения стенок, загрязненность, присутствие в канале посторонних предметов. Наибольшее влияние оказывают подпоры, которые могут возникать в коллекторах по разным естественным и искусственным причинам.

В соответствии с законодательством РФ все потребители должны осуществлять оплату за водопользование и водоотведение, то есть возникают хозяйственные и финансовые взаимные отношения между потребителями и поставщиками воды, водоотво-

дящими субъектами и предприятия-водоочистки и водоохраны.

Для предприятий с большим оборотом воды стоимость платежей за водоснабжение и водоотведение весьма значительна. Рассмотрим пример платежей за стоки для среднестатистического предприятия, например, с расходом 1000 м<sup>3</sup>/сутки. Тариф за стоки в Москве 29,57 руб./м<sup>3</sup>. Исходя из практики, в стоках предприятия, у которого нет собственных очистных сооружений, присутствует превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) не менее 3 веществ. При этом размер платежей за стоки вырастает в 3 раза и становится равным 88,71 руб./м<sup>3</sup>. Считаем за месяц:  $88,71 \times 1000 \times 30 = 26\,613\,000$  руб.

Из примера видно, что платежи за стоки весьма значительны и ошибки измерения расхода дорого обходятся хозяйствующим организациям. Практика показывает, что недоверие к параметрам измерения потока часто является причиной для судебных разбирательств между водоотводящими и водопринимающими организациями. Для снижения ошибок измерения и количества спорных ситуаций необходимо вводить в эксплуатацию рас-

ходомеры, осуществляющие корректное измерение расходных характеристик при всех условиях эксплуатации, при всех возможных изменениях параметров коллектора и стоков.

Таковыми свойствами обладают расходомеры-счетчики безнапорных потоков третьего поколения, работающие по принципу «площадь-скорость», которые осуществляют измерение уровня и средней скорости потока. Метод измерения расхода у всех расходомеров объемный, то есть с учетом известных геометрических размеров коллектора и измеренного значения уровня потока вычисляется площадь поперечного сечения потока. Умножив значение площади на среднее значение скорости потока, получаем значение расхода.

В 2002 году Мосводоканал провел совещание, посвященное задачам перспективного приборостроения. На это совещание были приглашены представители ЗАО «Техно-Т» (сейчас АО «Техно-Т»), г. Тула. В частности, вопрос касался создания расходомеров нового поколения для учета потоков воды в безнапорных каналах, которые должны обеспечивать измерение не только уровня, но и средней скорости потока.

В 2003 году нам удалось изобре- сти свой метод измерения парамет- ров безнапорных потоков, который принципиально отличался от исполь- зуемых в других приборах, как отече- ственных, так и зарубежных. В резуль- тате были разработаны и в 2005 году сертифицированы Росстандартом РФ и внесены в Госреестр средств изме- рений расходомеры-счетчики безна- порных потоков (РСБП) «СТРИМ». В РФ это был первый и единственный прибор, который работал по принци- пу «площадь-скорость», то есть произ- водил прямое измерение средней ско- рости потока и уровня потока.

РСБП «СТРИМ» – единствен- ный из всей линейки расходомеров, выпускаемых в мире, осуществляет прямое измерение средней скорости потока и, как следствие, корректное измерение параметров потока, как ла- минарного, так и турбулентного.

Первые приборы были внедрены в эксплуатацию в 2006 году и работа- ют по сегодняшний день. Одни из первых приборов эксплуатируются на городских очистных сооружениях АО «Тулагорводоканал», городской станции аэрации МПП ВКХ «Орел- водоканал». В настоящее время гео- графия объектов, на которых приме- няются наши расходомеры, весьма большая: от Чукотки до Санкт-Пе- тербурга, практически во всех регио- нах России, а также в Казахстане, Уз- бекистане и Белоруссии.

РСБП «СТРИМ» обеспечивают коммерческий и технологический учет потоков жидкости в закрытых и от-

крытых каналах, в том числе канали- зационных и ливневых стоках. Они измеряют параметры потока жидкости в каналах различного профиля, ши- риной не менее 150 мм. Погрешность измерения уровня – не более 0,3%, диапазон измерения средней ско- рости потока – от 0,01 до 3 м/с. По- грешность измерения скорости – не более 1,5%. Погрешность вычисления расхода и нарастающего объема пото- ка – не более 2%. Прибор обеспечивает стабильность измерений в сложных климатических условиях, таких как осадки, туман, пенообразование на поверхности воды.

Многoletний опыт эксплуатации РСБП «СТРИМ» доказал высокую надежность и корректность работы приборов в самых сложных условиях. За все время эксплуатации не было ни одного аппаратного отказа.

При разработке расходомера мы исходили из принципа доступности для потребителя возможности раз- ных вариантов монтажа с возмож- ностью разнесения составных частей прибора и работы в различных кли- матических условиях:

- ▶ преобразователи уровня и ско- рости потока должны размещаться непосредственно над коллектором, как открытым, так и в колодце над открытым лотком. Монтаж должен быть простым, не требующим высокой ква- лификации специалистов. Темпера- тура жидкости в коллекторе должна быть выше температуры замерзания, но не более 60 °С. Напряжение пита- ния электроники преобразователей

должно обеспечивать безопасность обслуживающего персонала, то есть составлять не более 5 В постоянного тока;

- ▶ оборудование расходомера, его конструктивные материалы и элект- роника должны работать в диапазоне температур от –40 до +60 °С. Напря- жение питания электроники вторич- ного оборудования должно обеспечи- вать безопасность обслуживающего персонала, то есть составлять не более 12 В постоянного тока;

- ▶ информационный выход дол- жен обеспечивать надежную связь при удалении вторичной аппаратуры от преобразователей на значительное расстояние и коллективное обслужи- вание одновременно нескольких ка- налов измерения. Был выбран интер- фейс RS-485, протокол Modbus RTU. Все информационные цепи прибора работают в формате этого интерфейса;

- ▶ данные об уровне и скорости потока от преобразователей должны поступать в удаленный контроллер с функцией отображения текущей информации. Контроллер должен иметь энергонезависимую память о пара- метрах измерения.

Расходомер состоит из преобра- зователя уровня (ПУП), преобразо- вателя скорости потока (ПСП), блока индикации, блока соединений и за- щиты и блока питания (рис. 1). Ин- формационные выходы: интерфейс RS-485 (протокол Modbus RTU), то- ковый 4–20 мА, пропорциональный текущему значению расхода. Емкость памяти – не менее 2 месяцев почасо- вых значений. Для ведения журнала измерений разработано ПО «Менед- жер данных», которое устанавлива- ется в ПЭВМ оператора. Передача информации из блока индикации в ПЭВМ возможна по проводной ли- нии, с помощью устройства переноса информации (УПИ), работающего по принципу «флешки», и через блок модемной связи GPRS-02.

Конструктивно ПУП и ПСП по- строены по маятниковой схеме:

- ▶ ПУП: на оси открытого гори- зонтального подшипника скольже- ния жестко закреплен высокоточный датчик угла и рычаг с поплавком сферической формы. Датчик угла из- меряет угол отклонения рычага с по- плавком от вертикали. Известны рас- стояние от оси подшипника до дна канала, длина рычага, радиус поплав-



Рис. 1. Расходомер-счетчик безнапорных потоков «СТРИМ»

ка и уровень его всплытия. Далее по простой формуле вычисляется уровень воды в потоке. Подшипник закреплен на монтажном кронштейне для крепления к монтажной раме, монтируемой над коллектором;

► ПСП: на оси открытого подшипника скольжения жестко закреплен высокоточный датчик угла и лопасть (отрезок трубы). Измерение средней скорости потока основано на законах физического маятника и является функцией уровня погружения лопасти в поток и угла отклонения лопасти от вертикали. Принципиально любой поток можно рассматривать как совокупность «микроструек», каждая из которых движется со своей скоростью в соответствии с эпюрой скоростей потока. Лопасть, погруженная в поток, под воздействием этих микроструек отклоняется от вертикали на угол, пропорциональный мгновенному значению средней скорости потока. Так как каждая из «микроструек» потока воздействует на лопасть со скоростью, характерной для реального распределения эпюры скоростей в потоке, лопасть, как естественный интегратор, усредняет значение скоростных составляющих потока и обеспечивает прямое измерение средней скорости потока.

Принципиально важным является установка ПСП в симметричном канале точно по центру потока. В случае «клиноструйности» потока на монтажный узел устанавливается дополнительный горизонтальный подшипник. При этом лопасть всегда отслеживает равнодействующую составляющую эпюры скоростей потока и компенсирует ошибку измерения.

Измерение параметров потока в несимметричных каналах также возможно, но требует предварительного измерения профиля дна, эпюры скоростей поперечного сечения канала в зоне измерения и определения характерной равнодействующей точки измерения.

Монтаж оборудования расходомера предельно прост (рис. 2) и не требует высокой квалификации персонала. С этим сотрудники предприятий справляются, как правило, самостоятельно, что позволяет заказчику исключить затраты на монтаж, шефмонтаж и пусконаладку. Несмотря на то что стоимость расходомеров «СТРИМ» заметно выше стоимости



Рис. 2. Расходомер-счетчик безнапорных потоков «СТРИМ», установленный на объекте

расходомеров 2-го поколения, экономия затрат на монтажных и пусконаладочных работах обеспечивает соизмеримость затрат на организацию узла учета.

Особенность принципиального и конструктивного решения преобразователей уровня и скорости потока обеспечили дополнительное преимущество расходомеров «СТРИМ» по сравнению с аналогами: работу в широком диапазоне климатических условий, при дожде и туманах любой интенсивности, при поверхностном пенообразовании, корректное измерение как ламинарных, так и турбулентных потоков. При этом стоимость расходомеров-счетчиков безнапорных потоков «СТРИМ» ниже стоимости расходомеров основных конкурентов.

Более подробную информацию о приборе можно посмотреть на наших сайтах: [www.techno-t.net](http://www.techno-t.net), [www.3v-e.ru](http://www.3v-e.ru).

Основное преимущество расходомеров 3-го поколения, работающих по принципу «площадь-скорость», по сравнению с расходомерами 2-го поколения, которые измеряют только уровень потока, а расход вычис-

ляют по заложенной зависимости «уровень-расход», в том, что они измеряют реальное мгновенное значение расхода потока при измеренных мгновенных значениях уровня и скорости потока. При этом отсутствуют ошибки измерения расхода, характерные для расходомеров 2-го поколения, возникающие при подпорах в коллекторе ниже по течению.

Рассмотрим расчетные возможные значения ошибки вычисления значения расхода прибором 2-го поколения в результате подпоров ниже по течению. Для примера возьмем расчетные значения расхода в среднестатистическом коллекторе  $\varnothing 500$  мм с уклоном  $i = 0,008$  в диапазоне уровней потока от 100 до 500 мм с шагом 100 мм (табл. 1).

Из приведенных данных видно, что при увеличении уровня потока в зоне измерения в результате подпора ошибка расходомера 2-го поколения, измеряющего параметры потока, достигнет существенных значений. Например, в результате подпора уровень воды в коллекторе вырос на 100 мм и достиг значения 300 мм. По

Таблица 1. Расчетные значения расхода в коллекторе  $\varnothing 500$  мм

Уровень, мм	Расход, м <sup>3</sup> /ч
100	101
200	417
300	758
400	1264
500	1264

таблице вычисляем, что ошибка измерения уровня составила 341 м<sup>3</sup>/ч. Допустим, что на устранение аварийной ситуации в коллекторе понадобилось 48 часов. За это время превышение объема измерения составило 16368 м<sup>3</sup>/ч, что при тарифе за стоки 29,57 м<sup>3</sup>/ч составит в денежном выражении 484 000 руб.

В приведенной таблице не учтены факторы снижения расходных характеристик каналов при подпорах, связанных с фактическим изменением гидродинамических характеристик канала. Например, вероятно уменьшение величины уклона в зоне измерения. Эти параметры невозможно учесть при теоретических расчетах, но это можно оценить при обработке параметров измерения. В реальности ошибка измерения, связанная с изменением гидродинамических характеристик канала, будет еще выше.

Бытует мнение, что организация узлов учета — это дорогое удовольствие, недостаточно эффективное, поэтому требования законодательства об инструментальном учете «не обязательны к исполнению». Однако приведенный выше пример показывает существенное снижение затрат пользователя на оплату стоков при организации узла учета на базе прибора 3-го поколения и возникновении подпоров в канализационных коллекторах по сравнению с узлами учета на базе более дешевых расходомеров 2-го поколения или при теоретических расчетах расходных значений, показанных в приведенном примере переплаты за стоки в условиях подпоров. При этом окупаемость РСБП «СТРИМ» произошла бы за два дня работы в таких условиях.

К сожалению, обратная связь в части аналитической информации с предприятиями, эксплуатирующими наши расходомеры, весьма слабая. Тем не менее ряд предприятий, от которых мы получили информацию и которые установили наши расходомеры вместо расходомеров 2-го поколения, сообщили, что получили значительное сокращение платежей за стоки — от 2 до 5 раз.

Некоторые предприятия, которые использовали расчетный метод,

заявляли об увеличении расходных показаний после установки прибора, но после анализа сетей обнаружили неучтенные источники стоков в коллектор. После устранения попадания в коллектор неучтенных ливневых стоков, врезок и прочих причин претензии к прибору снимались. Таким образом, корректный расходомер является отличным инструментом для оптимизации расхода стоков и состояния канализационных сетей.

Рассмотрим пример из области энергосбережения. В среднем энергетические затраты водоснабжающих организаций на 1 м<sup>3</sup> холодного водоснабжения составляют 1,5 кВт, а у водоотводящих организаций, с учетом очистки, на 1 м<sup>3</sup> стоков — 0,7 кВт. В городах с развитой промышленностью и населением до 500–700 тыс. жителей среднесуточный оборот воды составляет 200 000–300 000 м<sup>3</sup>. Несложно посчитать, что затраты электроэнергии при этом составляют 440–660 МВт в сутки. При снижении водооборота хотя бы на 10% сэкономленной электроэнергии хватит для обеспечения точной работы крупного предприятия.

По данным государственной статистики, в России забор воды из природных водных объектов в 2014–2017 годах (14,7 млрд м<sup>3</sup>) по сравнению с 1992 годом (99,6 млрд м<sup>3</sup>) уменьшился на 60%. Но это нельзя отнести только к внедрению приборов учета. Основная составляющая этого процесса, безусловно, сокращение промышленного производства. При этом в данных статистики не прослеживается тенденция к уменьшению потребления воды за последние 5–7 лет. Фактически ничего не меняется с учетом допустимой погрешности.

Аналогичная ситуация и со сбросом загрязненных сточных вод в водные акватории. По сравнению с 1992 годом (27,1 млрд м<sup>3</sup>) в 2014–2017 годах (14,7 млрд м<sup>3</sup>) этот показатель сократился на 80%, что является фактором не только снижения объема производства, но и строительства новых очистных сооружений.

По данным статистики, в 2017 году дополнительно введены в эксплуатацию очистные сооружения на 1 млн 200 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. В объеме страны

это очень мало, приблизительно производительность четырех тульских городских очистных сооружений. При этом статистические показатели за последние 5–7 лет практически не меняются. Данные за более поздний период отсутствуют, но тенденция в целом сохраняется.

По данным Минприроды России, только в 16 субъектах РФ в бассейне реки Волги предприятиями ЖКХ сбрасывается 3174,7 млн м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод, и задачей федерального проекта «Оздоровление Волги» является сокращение этого годового объема на 2120 млн м<sup>3</sup> без неучтенных загрязненных стоков.

Обеспечить эффективный регламент сокращения стоков и экономически обоснованной технологии очистки загрязненных стоков невозможно без инструментального учета параметров стоков и организации обратной связи в технологической цепочке. Инструментальный учет воды во всех технологических цепочках любого производства, связанного с оборотом воды, обеспечивает наглядность и эффективность технологического процесса, экономии энергетических и водных ресурсов. Помимо водоснабжения и водоотведения это схемы охлаждения высокотемпературных агрегатов электростанций, ТЭЦ, печей металлургического производства, в горнообогажительных производствах и пр. В современных условиях недостатка пресной воды инструментальный расход важен и для экономного расходования воды в системе оросительных каналов и, как следствие, снижения оттока воды из питающих эти каналы рек.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что экономический эффект от широкого внедрения инструментального узла учета воды на базе расходомеров 3-го поколения будет намного выше затрат, связанных с их внедрением.

В.В. Трофимов, к. т. н.,  
генеральный директор,  
АО «ТЕХНО-Т», г. Тула,  
тел.: +7 (4872) 21-9109,  
e-mail: support@techno-t.net,  
сайт: www.techno-t.net