

**В.И. КЛЁПОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

### **СООТНОШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ**

*Проблема эффективности управления сложными водохозяйственными системами, предназначенными, в том числе, для водообеспечения больших городских агломераций, имеет свои особенности, обусловленные рядом факторов. Когда речь идет о системе водообеспечения Московского региона, к числу основных факторов с одной стороны относятся самая высокая в стране концентрация населения. А также сосредоточение промышленности и развитой инфраструктуры на сравнительно небольшой территории. С другой стороны, здесь имеет место ограниченность водных ресурсов поверхностного и подземного стока. Существенное влияние на водообеспечение этого региона оказывают экологические условия, как в самом городе, так и в местах формирования водных ресурсов. В условиях, когда требования к надежности водообеспечения региона будут повышаться, помимо обязательных мероприятий, направленных на снижение удельного водопотребления, неизбежно надо решать проблему управления уже созданной водохозяйственной системой. При этом представляется важным рассматривать задачу совместного управления количеством и качеством ресурсов поверхностного стока. Вот почему проблема эффективности и надежности водоснабжения тесно связана с управлением водными ресурсами региона с помощью водохранилищ.*

*Речной сток, водохранилище, водохозяйственная система, количество водных ресурсов, качество водных ресурсов, Московский регион.*

**Введение.** С начала своего существования система водоснабжения Московского региона была ориентирована в основном на использование поверхностного стока. Подземные воды, особенно артезианские, всегда использовались индивидуально и никогда не входили в единую систему. Анализ литературных источников показывает [1, 2, 3], что гидрологические процессы в поверхностных водах Московского региона также подверглись существенным трансформациям. Антропогенные изменения произошли в гидрографической сети, особенно на урбанизированных территориях. На территории региона исчез целый ряд малых водотоков. Изменились гидрологические характеристики реки Москвы как в черте города, где река представляет собой два сопряженных подпертых бьефа – Карамышевский и Перервенский, так и ниже по течению. За счет дополнительной подачи воды из Волги, а также из-за сброса использованных

подземных вод сток р. Москвы ниже города увеличился примерно в 3 раза, но при этом качество воды здесь резко ухудшается.

Гидрохимические, гидробиологические, гидротермические и другие процессы в водной среде и на прилегающих территориях существенно изменились, а экологическое состояние зачастую достигает критического порога. Наиболее опасными в экологическом смысле являются современные показатели качества поверхностных водных ресурсов. Экологические попуски, превышающие в сумме 40 м<sup>3</sup>/с, не могут решить проблему качества воды в важных в экологическом отношении реках – р. Москве, Клязьме, Яузе и других более малых. Как следствие, в нижнем течении р. Москвы, также как на ряде внутренних водоемов, периодически возникала опасная медико-биологическая обстановка.

**Материалы и методы исследования.** Предметом исследования, выполненного

в рамках данной статьи, следует считать режимы функционирования водохозяйственной системы Московского региона в изменяющихся гидрологических условиях. При этом рассматривается разное число водохранилищ в системе и переменное значение заявок на воду для пользователей системы. Критерием эффективности является обеспеченность гарантированной водоотдачи водохранилищ. В качестве объекта исследования рассматриваются речные водохранилища, действующие в составе сложной водохозяйственной системы. Состав и вид исходной информации определяется прежде всего, спецификой водохозяйственных расчетов. Исходную информацию можно разделить на такие группы:

- гидрологическая информация для каждого водохранилища за длительный период времени;

- гидрохимическая информация, связанная для расчетных створов;
- исходные данные об уровнях водопотребления;
- потери речного стока (испарение, леодообразование, фильтрация);
- переменные правила регулирования стока водохранилищем;
- морфометрические характеристики водохранилища;
- особенности характеристики нижнего бьефа каждого гидроузла.

**Результаты и обсуждение.** *Количество водных ресурсов.* В результате регулирования речного стока в Московском регионе значительно повысился уровень водообеспеченности. Данные о естественном и зарегулированном стоке источников водоснабжения Московского региона представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели естественного и зарегулированного стока, м<sup>3</sup>/с**

Река – створ	Условия естественные		Условия зарегулированные	
	p = 95%	p = 97%	p = 95%	p = 97%
Волга – Ивановково	27	26	82	78
Москва – Рублево	8	7	32	29
Вазуза – Зубцов	4	3	19	17
Сумма	39	36	133	124

Как следует из таблицы, увеличение водных ресурсов региона в зарегулированных условиях более чем в три раза превышает количество водных ресурсов в естественных условиях. Достигнуто это регулированием речного стока водохранилищами, которые позволяют перераспределять в пространстве и времени расходы воды, проходящие в речном русле в половодный период.

Такие величины гарантированной водоотдачи получены в результате водохозяйственных расчетов по исходным гидрологическим рядам для каждого из водохранилищ системы. Это характеризует потенциальные возможности системы при закрепленных параметрах и ограничениях на режим сработки и наполнения водохранилищ, что справедливо также и в отношении обводнительных попусков воды в нижние бьефы гидроузлов.

Известно, что максимальные значения экологического попуска в рассматриваемом регионе осуществляются из канала им. Москвы. Обводнительный попуск в р. Москву был предусмотрен на стадии технического проекта канала «Москва – Волга» ещё в 1937 г. Это было запланировано для

улучшения санитарного состояния реки. Как показывает анализ исходной гидрологической информации для р. Москвы в створе Рублевского гидроузла, куда подаётся обводнительный попуск из канала, летние меженные расходы воды изменяются в пределах 10-20 м<sup>3</sup>/с, уменьшаясь в крайне маловодные годы до 7-10 м<sup>3</sup>/с. Для достижения этого показателя необходимо было предусмотреть специальный попуск, который обеспечивал бы расход воды в р. Москве не ниже 35-36 м<sup>3</sup>/с [3, 7]. Такая величина получалась суммированием обязательного попуска из четырех Москворецких водохранилищ ниже Рублевского створа, подачи воды из р. Волги в размере 27 м<sup>3</sup>/с через ГЭС на р. Сходне, а также попусков воды в реки Лихоборка (3 м<sup>3</sup>/с) и Серебрянка (1 м<sup>3</sup>/с). Следует заметить, что с начального момента назначения обводнительных попусков в р. Москву и её притоки и до настоящего времени обеспеченность таких попусков никак не регламентировалась. Однако практически во всех научных и проектных проработках, связанных с водообеспечением Московского региона, эта обеспеченность

обводнительных попусков принимается такой же, как и для коммунально-бытового и промышленного водопотребления.

Положительный эффект регулирования речного стока водохранилищами, показанный выше, имеет и отрицательный подтекст. Это связано с тем, что в результате существенного уменьшения половодного стока, реки региона утратили свойство ежегодной промывки своего русла. Как следствие, значительно увеличено количество речных наносов, которые не уносятся с половодным стоком, а аккумулируются в русле реки. Создание искусственного половодья в реальных условиях до настоящего времени не принесло ощутимых результатов в силу разных причин. Однако теоретические разработки в этом направлении были выполнены в ряде исследований [4, 5].

Применительно к рассматриваемому региону промывка русла р. Москвы в городской черте может быть охарактеризована как направление специальных санитарно-экологических попусков. В связи с тем, что сток реки Москвы зарегулирован практически на всем её верхнем течении, в меженный период скорости течения воды не превышают 0,1-0,15 м/с. А это способствует процессу аккумуляции загрязнений в донных отложениях. Цель исследования заключается в возможности формирования расхода воды в р. Москве в количестве от 600 до 800 м<sup>3</sup>/с. Гидрометеорологические условия, которые могут в принципе сформировать такой расход воды, довольно редки. Такое событие носит, как правило, случайный характер. Ведущими факторами такого процесса являются: осеннее увлажнение почвы, запас воды в снежном покрове, глубина промерзания почвы и температурный режим в период снеготаяния.

В дальнейших исследованиях по реализации искусственной промывки русла реки следует учитывать поступление дополнительных потоков загрязняющих веществ и хозяйственно-бытового мусора при поверхностном смыве в береговой зоне. Кроме того, при сегодняшних темпах освоения прибрежных территорий частным сектором, в том числе и в поймах рек, большие искусственные попуски могут оказать влияние на подтопление таких территорий.

Очевидно, что следствием процесса, описанного выше, является ухудшение качества воды в реках региона.

**Качество водных ресурсов.** Как показывают исходные данные по фактическому

качеству воды в Московском регионе, в периоды повышенной водности (паводки и половодья) происходит интенсивный поверхностный смыв, существенно увеличивается нагрузка на коллекторно-дренажную сеть, возрастают концентрации ряда химических веществ, мутности и бактериологических показателей, появляются неприятные запахи антропогенного происхождения [6, 7]. Возрастает вероятность залповых сбросов загрязняющих веществ от точечных источников. Наиболее серьёзную нагрузку при этом в первую очередь испытывают верхние звенья гидрографической сети – ручьи и малые реки. Обычно реки частично справляются с загрязнениями благодаря процессам самоочищения и буферной роли прудов и водохранилищ. Однако во многих случаях можно проследить их влияние на качество водных ресурсов вдоль основных трактов подачи воды. В нижнем течении р. Москвы наблюдается резкое увеличение величины бактериологических показателей. В условиях интенсивного поступления загрязняющих веществ антропогенного и природного происхождения и ухудшения соответствующих показателей качества воды большое значение играет режим работы станций водоподготовки.

В бассейне Верхней Волги в местах ниже сброса сточных вод ряда крупных городов водные ресурсы не отвечают нормативам требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения. Наблюдается локальное загрязнение донных отложений рядом тяжелых металлов, что в определенные периоды может вызывать процесс вторичного загрязнения воды. Значительными источниками загрязнения водных ресурсов являются такие отрасли, как животноводство, растениеводство, судостроительство и рекреация. Однако трансформирующая роль Иваньковского водохранилища, Канала им. Москвы и Учинского водохранилища приводит к стабилизации гидрохимического режима и уменьшению компонентов качества вод в створах водопроводных станций. Характеристики качества воды в местах ее забора свидетельствуют об умеренном загрязнении органическими веществами и бактериальной микрофлорой.

Преобладающими факторами в процессе формирования состава воды от г. Можайска до Рублева является значительное загрязнение сточными водами и поверхностным стоком при очень незначительном процессе самоочищения. Наблюдается

нестабильность многих показателей качества воды, широкий диапазон и высокая частота их колебаний. Это объясняется значительным числом источников загрязнения, слабой защищенностью реки от влияния поверхностного стока, наличием аварийных сбросов, отсутствием защитных устройств для предотвращения загрязнения реки поверхностным стоком с территории ферм и сельхозугодий [8, 9].

Река Москва в границах города используется как водоем культурно-бытового назначения для отдыха, спорта и любительского рыболовства. Несмотря на некоторое улучшение качества воды в последние годы по ряду показателей (БПК нефтепродукты, микробное загрязнение) река наиболее значительно загрязнена с момента впадения в нее р. Яузы. Этот приток р. Москвы является самым загрязненным притоком в черте города, т.к. интенсивно загрязняется сточными водами предприятий и поверхностным стоком. В р. Яуза концентрация нефтепродуктов, железа, аммиака превышает нормативы в 50-100 раз. Значительный объем загрязнений вносят и другие притоки р. Москвы, такие как: Чура, Нищенка, Котловка, Сходня. Ниже впадения р. Яузы качество воды в р. Москве ухудшается, увеличивается минерализация, возрастает содержание тяжелых металлов, аммонийного азота. В р. Москве и в ее притоках наблюдается значительное загрязнение донных отложений. Особенно сильно загрязнены устьевые участки малых рек, впадающих в нее.

В зимнюю межень (январь-февраль) в условиях небольшого естественного притока за счёт грунтовых вод водность и, соответственно, цветность вдоль течения р. Истры определялась попусками из Истринского водохранилища. В период снеготаяния (март – апрель) картина заметно меняется: наблюдается рост цветности в реке и на впадающих в нее притоках при относительно стабильных значениях у плотины Истринского гидроузла. Таяние снежного покрова весной и интенсивные и частые дожди в летне-осенний период обусловили увеличение водности реки Москвы и ее притоков и способствовали существенному поверхностному стоку и росту цветности, мутности, увеличению содержания аммонийного азота по всему бассейну р. Москвы.

Водохранилища способствуют трансформации стока растворенных веществ и взвеси с водосборной территории, что

проявляется в снижении ниже по течению содержания взвешенных веществ на 90%, органического вещества – на 20-40%, фосфора – на 60%, азота – на 30%. Таким образом, регулирование стока приводит к внутригодовому перераспределению не только стока воды, но и гидрохимического стока.

Благодаря процессам самоочищения существенно сглаживаются внутригодовые колебания показателей качества воды по отношению к фоновым значениям, выпадающих в водохранилища рек. Например, мутность воды даже в самые неблагоприятные сезоны года редко превышает 10 мг/л.

Неблагоприятной особенностью водных ресурсов бассейна Верхней Волги следует считать постоянно высокую цветность и перманганатную окисляемость природных вод, что связано с поступлением в систему большого количества органических соединений естественного происхождения с торфяных и болотных массивов. Осознание проблемы цветности имело место ещё в период проектирования Волжской системы водоснабжения, однако, предполагалось, что благодаря барьерной роли водохранилищ цветность волжских вод снизится. Прогноз оправдался лишь частично, эффект обесцвечивания не превышает как правило 20-30%. Наибольший процент характерен для лета, наименьший – для зимнего периода. Это связано с повышением мутности воды в тёплый период года за счёт поступления водных масс, сформировавшихся в течение весеннего половодья.

Взвешенные вещества усиливают процессы сорбции и коагуляции, что и приводит к снижению цветности. Управление качеством воды возможно на основе регулирования подачи малоцветных вод, например, из Вазузского водохранилища для разбавления цветности и окисляемости р. Волги в неблагоприятные и возможные изменения пропуска половодья Иваньковским водохранилищем с целью создать условия поступления вод с минимальной цветностью.

### Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Высокий уровень величины и обеспеченности гарантированной водоотдачи водохранилищ Московского региона (95-97% по числу бесперебойных лет) предполагает необходимость предвидеть возможные последствия необеспечения такой



водоотдачи. Очевидно, что в крайне маловодных условиях, когда теоретически должен наступить «срыв» водоотдачи, негативная нагрузка на природу и человека существенно возрастет по сравнению с обычными, благоприятными условиями. Общее водообеспечение Московского региона подразделено на такие составляющие, как питьевое, коммунально-бытовое, промышленное и обводнительное. Следовательно, можно предположить, что в условиях недостатка воды все эти составляющие будут подвержены сокращению потребляемых водных ресурсов в разной степени.

2. Природоохранные требования со стороны нижних бьефов гидроузлов обычно обеспечиваются экологическими (санитарными) попусками воды. Рассмотрение разных вариантов формирования экологически безопасного гидрографа попусков воды осложняется отсутствием в настоящее время методологии и нормированных требований к режиму водных объектов. Отсутствуют также критерии допустимости того или иного воздействия на природные комплексы. Не разработаны методы научно-обоснованной экономической оценки ущерба от недодачи воды отдельным участникам водохозяйственного комплекса.

3. Анализ материалов промывки и оценка состояния р. Москвы до и после ее проведения показывает, что в целом это мероприятие приводит к ожидаемым результатам и снижению общей загрязненности водоисточника. Наибольший эффект может быть получен на участке р. Москвы от г. Можайска до Рублевской плотины. На участке реки в черте города также происходит снижение концентрации загрязняющих веществ в донных отложениях. В нижнем течении р. Москвы (ниже г. Москвы до устья) загрязненность донных отложений практически не меняется, а качество речной воды может даже ухудшиться.

4. Специальное обводнение рек в Московском регионе целесообразно, прежде всего, для улучшения качества воды, используемой в культурно-бытовых и хозяйственно-питьевых целях. Однако увеличение обводнения не должно являться единственной мерой решения вопроса загрязнения природных вод. Обводнение должно рассматриваться лишь как одна из составляющих поддержания благоприятной гидроэкологической обстановки в рассматриваемом регионе наряду с улучшением качества очистки сточных вод, внедрением

рационального природопользования на водосборных территориях и специальных гидромелиоративных и санитарных мероприятий на водосборных территориях и акваториях источников питьевого водоснабжения.

### Библиографический список

1. **Исмайлов Г.Х., Клёпов В.И., Муращенкова Н.В.** Отчет о научно-исследовательской работе по Государственному контракту от 22 октября 2012 года № 4 – НИОКР/1-3-2012 по базовому проекту 12фцп-У4-01 «Оптимизировать совместное функционирование водохранилищ в единой системе водоснабжения с целью управления режимом и качеством воды на примере Московского региона». – ФГБОУ ВО Московский государственный университет природообустройства – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013-2015.

2. **Исмайлов Г.Х., Клёпов В.И.** Водохозяйственный баланс Московского региона в современных условиях // Природообустройство. – 2013. – № 5. – С. 47-50.

3. **Исмайлов Г.Х., Клёпов В.И.** Разработка методики определения рациональных объемов обводнительных попусков в Московском регионе // Природообустройство. – 2014. – № 5. – С. 70-75.

4. **Клёпов В.И.** Управление ресурсами поверхностных вод Московского региона в режиме компенсации // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». – 2014. – № 3. – С. 3-18.

5. **Клёпов В.И., Исмайлов Г.Х.** Управление количеством и качеством водных ресурсов в Московском регионе / Доклады ТСХА. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – С. 379-384.

6. **Клёпов В.И., Рагулина И.В.** Количество и качество водных ресурсов в бассейне реки Москва. / Сб. Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. Т. 1. – Р/на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2016. – С. 629-635.

7. **Клёпов В.И., Рагулина И.В.** Гидрологическое обоснование формирования искусственного попуска воды в бассейне реки Москвы // Природообустройство. – 2016. – № 5. – С. 13-18.

8. **Клёпов В.И., Рагулина И.В.** Оценка качества водных ресурсов в верхней части бассейна реки Москвы // Природообустройство. – 2017. – № 3. – С. 14-21.

9. **Клёпов В.И., Рагулина И.В.** Управление количеством и качеством воды реки

Москвы для улучшения ее экологического состояния // Бюллетень. Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2018. – № 2. – С. 22-28.

Материал поступил в редакцию 23.12.2019 г.

### Сведения об авторах

**Клёпов Владимир Ильич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; e-mail: viklepov@rambler.ru

### V.I. KLEPOV

Federal state budgetary educational institution of higher education Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

## RATIO OF QUANTITY AND QUALITY OF WATER RESOURCES AT MANAGING WATER ECONOMIC SYSTEMS

*The problem of the managing efficiency of complicated water management systems including those intended for water supply to large urban agglomerations, has its own peculiarities due to a number of factors. When it concerns the water supply system of the Moscow region, the main factors on the one hand are highest concentration of population in the country, as well as concentration of industry and developed infrastructure in a relatively small area. On the other hand, there are limited water resources of surface and underground runoff. The environmental conditions both in the city itself and in places where water resources are formed have a significant impact on the water supply of this region. Under the conditions where the requirements to the reliability of the region water supply will be increasing, in addition to the obligatory measures aimed at reducing specific water consumption, the management problem of the already established water management system will have to be solved. At the same time, it seems important to consider the problem of joint management of the quantity and quality of surface runoff resources. That is why the problem of the efficiency and reliability of water supply is closely related to the management of water resources in the region through reservoirs.*

*River runoff, reservoir, water management system, quantity of water resources, quality of water resources, Moscow region.*

### References

1. **Ismaylov G.Kh., Klepov V.I., Murashchenkova N.V.** Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote po Gosudarstvennomu kontraktu ot 22 oktyabrya 2012 goda No. 4 – NIOKR / 1-3-2012 po bazovomu projektu 12ftsp-U4-01 «Optimizirovat sovmestnoe funktsionirovanie vodohranilishch v edinoj sisteme vodosnabzheniya c tselju upravleniya rezhimom i kachestvom vody na primere Moskovskogo regiona». FSBOU VO Moskovskiy gosudarstvennyy universitet prirodobustrojstva – RGAU-MSHA imeni C.A. Timiryazeva, 2013-2015.
2. **Ismaylov G.Kh., Klepov V.I.** Vodohozhaystvennyy balans Moskovskogo regiona v sovremennykh usloviyakh // Prirodobustrojstvo. – 2013. – № 5. – С. 47-50.
3. **Ismayilov G.Kh., Klepov V.I.** Razrabotka metodiki opredeleniya ratsionalnykh objemov ovodnitelnykh popuskov v Moskovskom regione // Prirodobustrojstvo. – 2014. No. 5. s. 70-75.
4. **Klepov V.I.** Upravlenie resursami po-verhostnykh vod Moskovskogo regiona v rezhime kompensatsii // Byulleten «Ispolzovanie i ohrana prirodnykh resursov v Rossii». – 2014. – № 3. – С. 13-18.
5. **Klepov V.I., Ismayilov G.Kh.** Upravlenie kolichestvom i kachestvom vodnykh resursov v Moskovskom regione / Doklady TSHA. – M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2015. – С. 379-384.
6. **Klepov V.I., Ragulina I.V.** Kolichestvo i kachestvo vodnykh resursov b basseine reki Moskva. / Sb. Sistemnyy analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. T. 1. – R/na Donu: Izd-vo YUNTS RAN, 2016. – С. 629-635.
7. **Klepov V.I., Ragulina I.V.** Gidrologicheskoe obosnovanie formirovaniya iskusstvennogo popuska vody v bassejne reki Moskvy // Prirodobustrojstvo. – 2016. – № 5. – С. 13-18.
8. **Klepov V.I., Ragulina I.V.** Otsenka kachestva vodnykh resursov v verhnej chasti bassejna reki Moskvy // Prirodobustrojstvo. – 2017. – № 3. – С. 14-21.
9. **Klepov V.I., Ragulina I.V.** Upravlenie kolichestvom i kachestvom vody reki Moskvy dlya uluchsheniya ee ekologicheskogo sostoyaniya // Byulleten. Ispolzovanie i ohrana prirodnykh resursov v Rossii. – 2018. – № 2. – С. 22-28.

The material was received at the editorial office  
23.12.2019

### Information about the author

**Klepov Vladimir Pyich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department

of Hydrology, Hydrogeology and Flow Regulation, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education, Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, st. Pryanishnikova, 19; e-mail: viklepov@rambler.ru

УДК 502/504:532.5:626.8

DOI 10.34677/1997-6011/2020-1-100-104

**М.С. АЛИ, Д.С. БЕГЛЯРОВ, А.Ю. ТИТАЕВА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

**Е.А. ЛЕНТЯЕВА**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

## РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ НАСОСОВ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ В НАПОРНЫХ СИСТЕМАХ

*В состав гидроэнергетических комплексов входят напорные системы с насосными станциями, которые гарантируют подачу заданного количества воды на определенные высоты. Современные напорные системы характеризуются разнообразием и сложностью. Непрерывно усложняются и совершенствуются элементы управления этими системами и, в первую очередь, насосными станциями. В связи с этим особенно важным становится вопрос выбора оптимального варианта при проектировании этих систем. При этом необходимо учитывать переходные процессы. Возникновение переходных процессов в большинстве случаев связано с изменением режима работы насосных агрегатов. Переходные процессы зачастую сопровождаются значительными отклонениями таких характеристик напорных систем, как давления в трубопроводах и насосах, от их значений при рабочих режимах. Поэтому необходимо иметь возможность определить изменения этих параметров. В работе на основе теоретического обобщения существующих методик расчета приведена математическая модель переходных режимов в насосных станциях, учитывающая их автоматическую работу и волновые процессы во внутри станционных напорных коммуникациях.*

*Насосные станции, насос, внутростанционные коммуникации, противоударная арматура, переходные процессы, математические модели.*

**Введение.** Любые изменения режима работы насосов приводят к возникновению переходных процессов в напорных системах. Наиболее распространенной и практически неустранимой причиной, вызывающей гидравлические переходные процессы в напорных системах, является аварийное отключение электропитания двигателей насосов.

Причинами, провоцирующими возникновение гидравлических переходных процессов, могут быть: первоначальные пуски насосных агрегатов при заполнении водой системы, плановые отключения и пуски насосов, регулирование их работы. Таким образом, главными источниками возмущения

потоков воды в напорных системах являются насосы и насосные станции. Как правило, все насосы в расчетной схеме напорной системы могут учитываться индивидуально или в целом, как насосная станция.

Математические модели насосов должны учитывать их отдельные особенности.

При учете каждого насоса, установленного на насосной станции в отдельном узле расчетной схемы, можно получить более точное воспроизведение переходных процессов, однако, во многих случаях в этом нет необходимости, и все насосы станций совместно с напорными коммуникациями более удобно считать сосредоточенными в одном узле.