

А. И. Репников, А. А. Яковлев, М. П. Кухтик

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНЦИЙ ПЕРЕКАЧКИ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ И АГРЕССИВНЫХ ЖИДКИХ СРЕД
НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: app@vstu.ru

Дано информационное описание станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред. Представлены этапы проектирования станций с использованием цифровой информационной модели и схема использования модели при проектировании. Разработан алгоритм проектирования станций перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, цифровая информационная модель, канализационная насосная станция, алгоритм.

A. I. Repnikov, A. A. Yakovlev, M. P. Kukhtik

**DESIGN OF PUMP STATIONS FOR POLLUTED AND AGGRESSIVE
LIQUIDS BASED ON DIGITAL INFORMATION MODELS**

Volgograd State Technical University

An informational description of the pump station for polluted and aggressive liquids has been given. The stages of designing stations using a digital information model and a scheme for using the model in design have been presented. An algorithm of designing pump stations of polluted and aggressive liquids has been developed.

Keywords: computer-aided design system, digital information model, sewage pumping station, algorithm.

При разработке таких ответственных объектов, как станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред, к которым можно отнести и канализационные насосные станции (КНС), необходимо обеспечить достижение высоких показателей надежности, долговечности и экологичности. Поэтому при разработке КНС необходимо использование системы автоматизированного проектирования (САПР), которая также позволит ускорить процесс проектирования и снизить вероятность ошибки в расчетах

технологических параметров станций: пропускной способности, кавитационного запаса, максимального энергопотребления и т. д.

Для разработки такой САПР прежде всего требуется разработать обобщенный алгоритм работы станции. Для этого необходимо дать информационное описание установки перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред как объекта проектирования (рис. 1), которое послужит источником для разработки цифровой информационной модели (ЦИМ) [1].

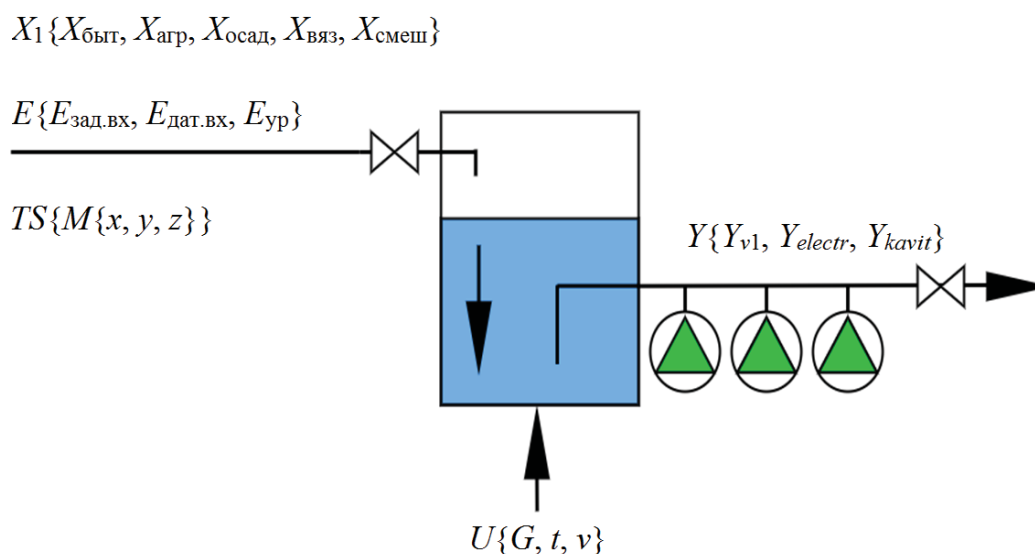


Рис. 1. Информационное описание станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред:
 X_1 – тип стока; $X_{быт}$ – бытовые стоки; $X_{агр}$ – агрессивные стоки; $X_{осад}$ – атмосферные осадки; $X_{вяз}$ – вязкие стоки; $X_{смеш}$ – смешанные стоки; E – технологическое оборудование; $E_{зад.вх}$ – задвижка на входном коллекторе станции; $E_{дат.вх}$ – датчик давления на входном коллекторе станции; $E_{ур}$ – гидростатический датчик уровня; TS – технологическое задание; $M\{x, y, z\}$ – габариты приемного резервуара, где x, y, z – длина, ширина и высота соответственно; U – управляющие воздействия; G – средний расход откачиваемых стоков за единицу времени; t – период эксплуатации; v – скорость притока стоков в емкость в период откачки; Y – выходные переменные; Y_{v1} – скорость откачки; Y_{electr} – расход электроэнергии за единицу времени; Y_{kavit} – кавитационный запас системы

Как видно из рис. 1, информационное описание станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред представляет собой формализацию связи между входными, управляющими и выходными характеристиками. К входным характеристикам следует отнести требования к станции, указываемые в техническом задании на проектирование: габариты приемного резервуара, тип стока (поскольку может потребоваться специализированное оборудование, устойчивое к агрессивным средам), глубина расположения станции (для расчета кавитационного запаса и подбора технологического оборудования), максимальная пропускная способность и энергопотребление.

К управляющим характеристикам относятся: средний расход откачиваемой среды, период эксплуатации установки и скорость притока жидкой среды в приемный резервуар.

Выходными характеристиками являются скорость откачки жидкой среды, затраты электроэнергии за определенный период времени и кавитационный запас.

Исходя из информационного описания станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред, можно сформировать основные этапы ее проектирования, разбив их на три цифровые информационные модели: ЦИМ-1, ЦИМ-2 и ЦИМ-3 (рис. 2).

ЦИМ-1 содержит первичную информацию, необходимую для дальнейшего проектирования станции: компоновку технологического оборудования и соответствующие этому проекторочные решения. Она включает в себя технологическое оборудование и его размеры, габариты помещения, приемного резервуара, входные и выходные трубопроводы. Выходной характеристикой данной ЦИМ яв-

ляется план расположения технологического оборудования.



Рис. 2. Этапы проектирования с использованием ЦИМ

ЦИМ-2 содержит детализированное основное и резервное технологическое оборудование

с указанием всех точек подключения, основные и вторичные трубопроводы, основные металлические и железобетонные конструкции.

ЦИМ-3 содержит полностью детализированное оборудование со всеми характеристиками, все используемые трубопроводы, габариты и характеристики приемного резервуара, предполагаемый тип стоков, все металлоконструкции, ограждения, приемные решетки, исходные данные для формирования многоязычной сметной и проектной документации.

На основе ЦИМ формируется цифровой двойник [2] станции перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред, который в дальнейшем служит для управления производством и разработки учебных стендов для обучения персонала (в первую очередь оперативного), а также тестирования алгоритмов управления и отработки действий персонала при критических и аварийных ситуациях (рис. 3).

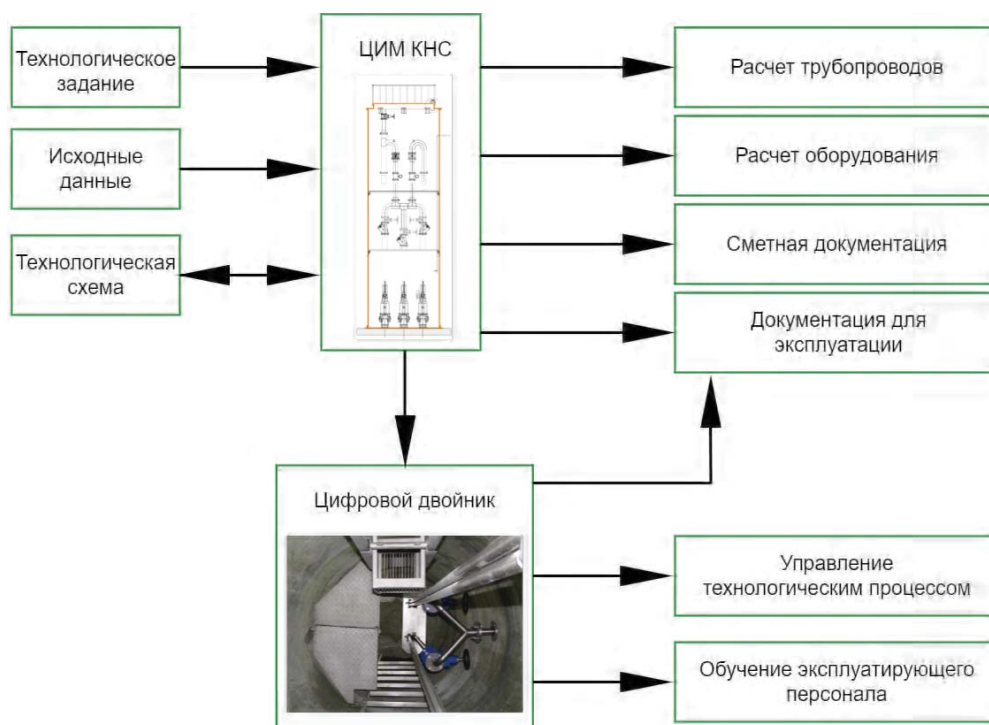


Рис. 3. Схема использования ЦИМ при проектировании станций перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред

На рис. 4 представлен алгоритм проектирования станций перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред в обобщенном виде на основе их информационного описания и этапов проектирования с использованием ЦИМ.

В данном алгоритме подробно раскрываются задачи проектирования каждой из ЦИМ. ЦИМ-1 базируется на техническом задании

(ТЗ), поэтому на этапе разработки ЦИМ-1 необходимо, чтобы ТЗ было подробным [3]. После получения ТЗ необходимо выбрать типы стоков и КНС по глубине размещения, поскольку данные входные характеристики напрямую влияют на компоновку технологического оборудования. Далее выбирается технологическое оборудование (в том числе трубо-

провода) на основе выбранного типа стока и глубины расположения станции из соответствующей базы данных.

Далее рассчитывается среднее время наполнения резервуара до начала откачки. Это необходимо, поскольку перекачка загрязненных и агрессивных жидких сред должна начинаться,

когда рабочая точка насосных агрегатов находится в оптимальной зоне. При этом управляющие воздействия должны формироваться таким образом, чтобы станция работала в пределах максимальной производительности и минимального энергопотребления. Полученная модель сохраняется в библиотеку и формирует ЦИМ-1.

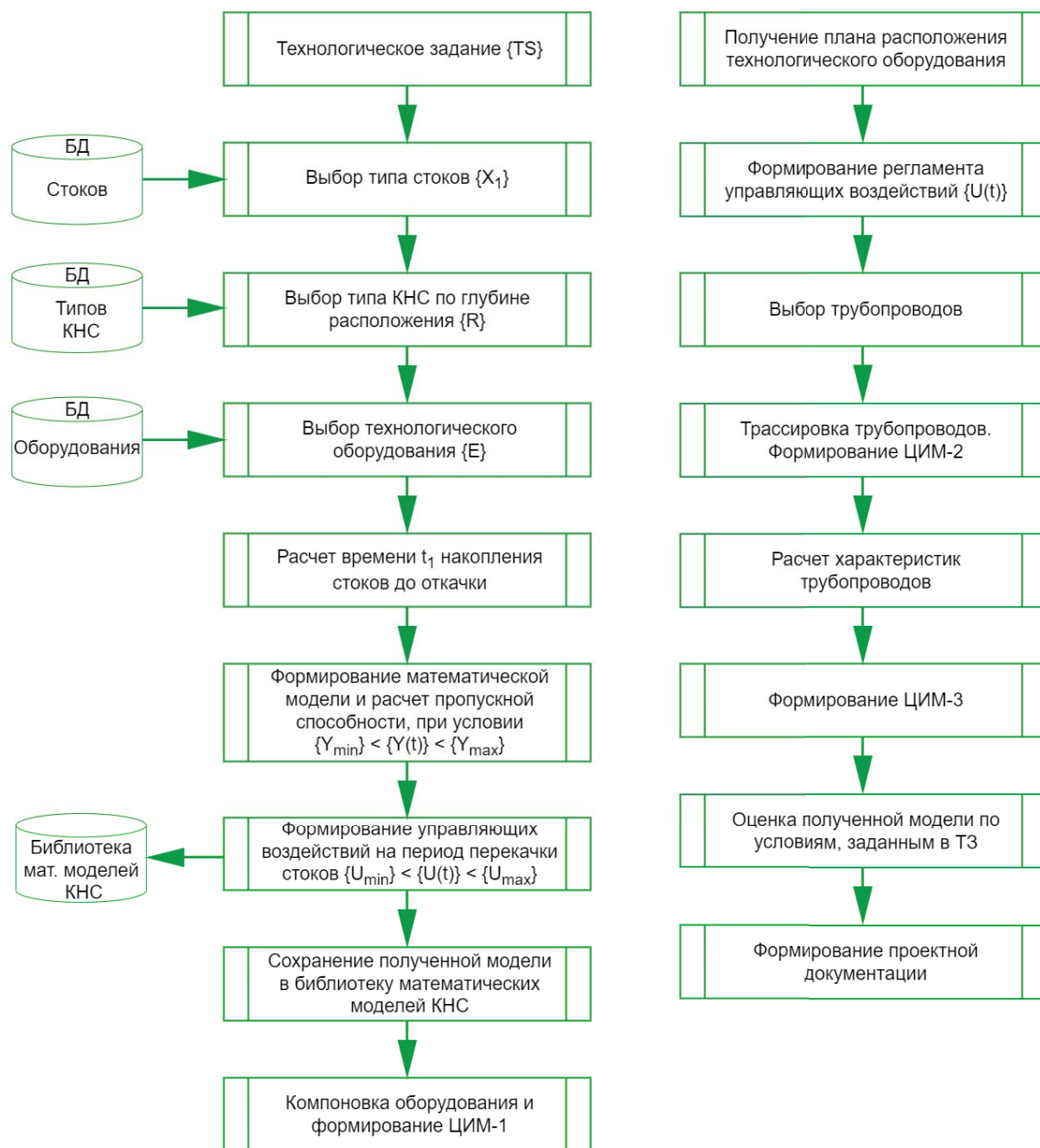


Рис. 4. Алгоритм проектирования станций перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред

Далее из ЦИМ-1 формируется план расположения технологического оборудования, регламент управляющих воздействий и происходит выбор трубопроводов с последующей трас-

сировкой. По окончании трассировки формируется ЦИМ-2.

На основании ЦИМ-2 рассчитываются трубопроводы, в том числе и их пропускная спо-

способность, после чего формируется ЦИМ-3, которая представляет собой виртуальную модель промышленного объекта, наполненную информацией, описывающей все необходимые характеристики объектов, математическую модель для проведения поверочных расчетов этапов проектирования и набор проектной документации. Далее следует оценка того, насколько полученная модель соответствует ТЗ, и формируется проектная и сметная документация [4].

Разработанный алгоритм проектирования станций перекачки загрязненных и агрессивных жидких сред позволит уменьшить время процесса проектирования и избежать ошибок при инженерных вычислениях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование и методы реализации математических моделей / В. А. Холоднов [и др.]. – СПб. : Руда и металлы, 2002. – 170 с.
2. Chistyakova, T. B. Computer system for resource-saving design of industrial processes of secondary oil refining / T. B. Chistyakova, D. N. Furaev // Cyber-physical Systems: modelling and industrial application. Studies in systems, decision and control. Vol. 418. – Cham : Springer, 2022. – P. 15-24.
3. СП 328.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели : свод правил. – Введ. 01.07.2021. – М. : Стандартинформ, 2021. – 13 с.
4. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.