

УДК 621.182.12

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ WAVE ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ВПУ

Миргород Ю.С., Салькевич Я.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чиж В.А.

Современные технологические предприятия предъявляют строгие требования к качеству используемой в производстве воды. Но для получения очищенной воды исключительно высокого качества часто необходимо применение нескольких технологий обработки. Большинство систем проектирования позволяют рассчитать только одну ступень очистки, тем самым затрудняя оптимизацию интегрированных систем, которые в настоящее время получили наибольшее распространение. В данной статье представлен обзор программного обеспечения, лишенного данного недостатка.

Описание программы

WAVE Design Software – это комплексный инструмент, который позволяет произвести расчет трех способов обработки воды: ультрафильтрации, обратного осмоса и ионного обмена, объединенных в одну систему. Это упрощает процесс проектирования интегрированных систем, что сокращает временные и денежные затраты. Помимо вышеперечисленных технологий WAVE позволяет предусмотреть удаление растворенных газов и органики, коррекцию pH. WAVE объединяет функции лучшего существующего программного обеспечения для расчета отдельных технологий обработки воды: ROSA, UNFLOW, IXCALC, CADIX в едином, удобном для пользователя интерфейсе.

Программа имеет встроенную библиотеку оборудования и элементов, химических реагентов с возможностью добавления новых, позволяет работать с разными единицами измерений.

Описание работы в программе

Для демонстрации возможностей компьютерной программы при проектировании систем ВПУ проведем разбор примера расчета интегрированной системы подготовки поверхностной воды заданной производительности с использованием ультрафильтрации, обратного осмоса и фильтров смешанного действия для подпитки энергоблоков ТЭС и АЭС.

На *начальной (Home)* вкладке (рисунок 1) производится предварительная компоновка ВПУ. На этапе предочистки доступны технологии ультрафильтрации и ионного обмена. Основная ступень очистки может состоять из обратного осмоса или ионного обмена. При необходимости качество обрабатываемой воды можно улучшить путем добавления дополнительной ступени очистки – фильтров смешанного действия (ФСД). Также пользователю предлагается указать либо требуемую производительность установки, либо расход подаваемой на очистку воды, при этом незадаанный параметр рассчитывается в результате работы программы с учетом гидравлических сопротивлений её элементов.

На вкладке *Исходная вода (Feed Water)*, представленной на рисунке 2, указываются качественные и количественные характеристики исходной воды. В области *Feed Parameters* задается тип источника воды и его подтип на основе показателей *мутности (Turbidity)* и количества *грубодисперстных примесей (TSS)*. Также указывается *индекс плотности ила (SDI)* и содержание *органики (Organics)*, *диапазон изменения температуры (Temperature)*, *показатель pH (pH)*, *катионный (Cations)* и *анионный (Anions)* состав воды. На основе введенных данных программа рассчитывает *общую минерализацию (Total Dissolved Solids)*, *количество CaCO₃ (Total ppm CaCO₃)*, *удельную электропроводимость (Estimated Conductivity)* и проверяет выполнение условия *электронейтральности (Charge Balance)*.

На вкладке *Ступень ультрафильтрации (Ultrafiltration)* (рисунок 3) производится полное описание систем ультрафильтрации: её проект (Design); конфигурация (Configuration); обратная (Backwash), улучшенная (CEB) и химическая (CIP) промывки и другие настройки.

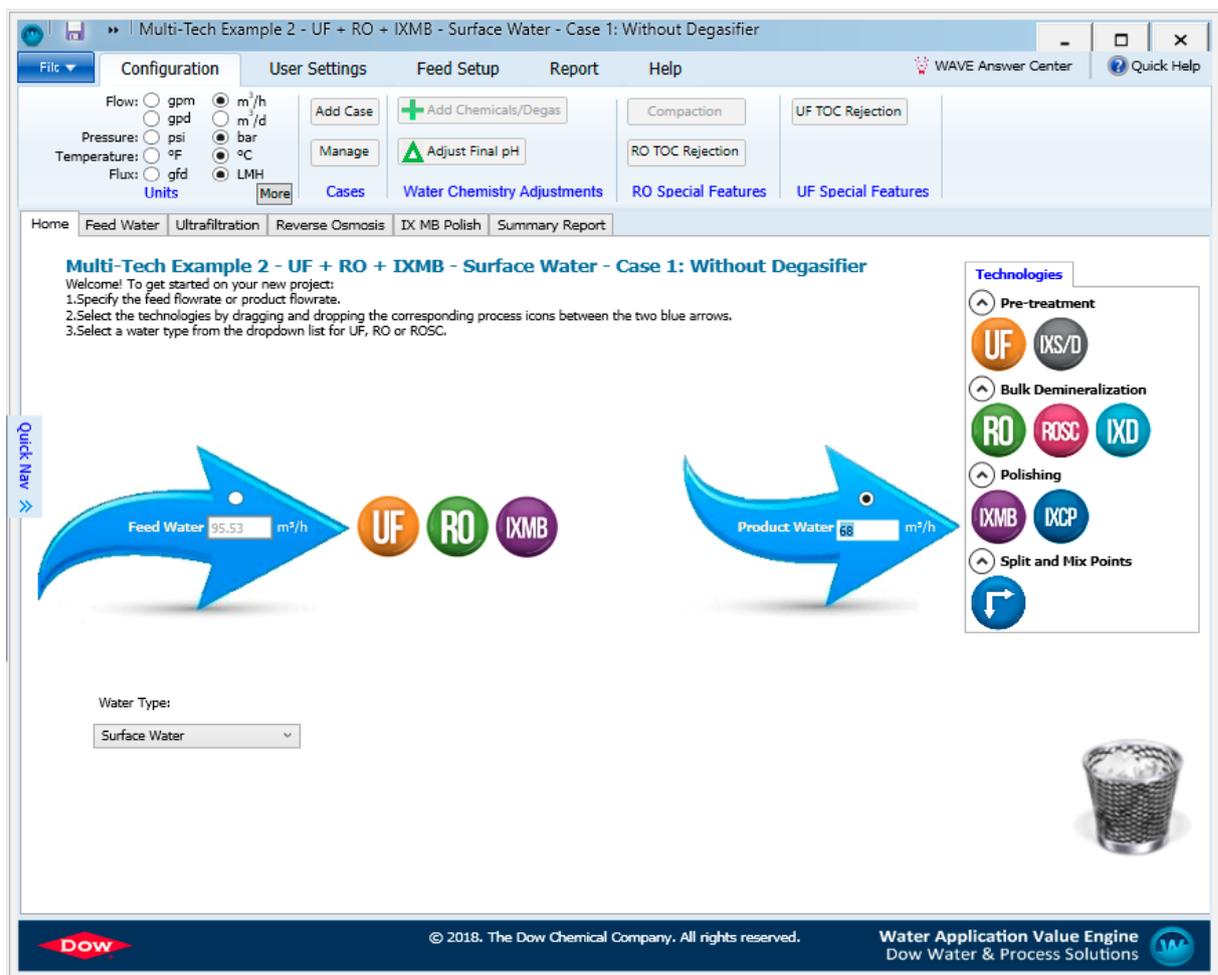


Рисунок 1. Начальная вкладка приложения WAVE

Multi-Tech Example 2 - UF + RO - IXMB - Surface Water - Case 1: Without Degasifier

Configuration User Settings Feed Setup Report Help

Save To Water Library Adjust pH Add Sodium Add Chloride Adjust Cations Adjust Anions Adjust All Ions 0 mg/L NaCl

Open Water Library Add Calcium Add Sulfate Adjust total CO₂/HCO₃/CO₃

Water Library Add Ammonia Charge Balance Adjustment Quick Entry

Home Feed Water Ultrafiltration Reverse Osmosis IX MB Polish Summary Report

Stream Definition Stream 1 100.00 % Add Stream

Feed Water - Stream 1

Feed Parameters

Water Type: Surface Water

Suggested Sub-type: NTU < 15, TSS < 20
* Suggestion based on user Turbidity and TSS input. The selected Water Sub-type determines the Design Guideline to be used.

Water Sub-type: NTU < 15, TSS < 20

Solid Content

Turbidity: 5.00 NTU

Temperature: 5.0 °C 15.0 °C 25.0 °C
Minimum Design Maximum

Total Suspended Solids (TSS): 10.00 mg/L

SDI: 0.00

Organic Content

Organics (TOC): 5.00 mg/L

pH @15.0°C: 7.20 pH @25.0°C: 7.13

Additional Feed Water Information

Symbol	mg/L	ppm CaCO ₃	meq/L
NH ₄	0.000	0.000	0.000
K	1.700	2.176	0.043
Na	5.400	11.755	0.235
Mg	5.600	23.061	0.461
Ca	31.100	77.666	1.552
Sr	0.000	0.000	0.000
Ba	0.000	0.000	0.000
Total Cations:	43.800	114.657	2.291

Symbol	mg/L	ppm CaCO ₃	meq/L
CO ₂	0.086	0.143	0.003
HCO ₃	93.605	76.771	1.534
NO ₂	3.700	2.986	0.060
Cl	6.900	9.740	0.195
F	0.000	0.000	0.000
SO ₄	24.000	25.005	0.500
Total Anions:	128.291	114.645	2.291

Symbol	mg/L
SiO ₂	7.500
B	0.000
CO ₂	9.774
Total Neutrals:	17.274

Total Dissolved Solids : 179.600 mg/L
Total Dissolved Solutes: 193.374 mg/L
Total ppm CaCO₃: 114.657

Charge Balance: -0.000001 meq/L

Estimated Conductivity: 242.46 µS/cm

© 2018. The Dow Chemical Company. All rights reserved. Water Application Value Engine Dow Water & Process Solutions

Рисунок 2. Качество исходной воды

Multi-Tech Example 2 - UF + RO - IXMB - Surface Water - Case 1: Without Degasifier

Configuration User Settings Feed Setup Report Help

Flow: gpm m³/h Add Case Add Chemicals/Degas Compaaction UF TOC Rejection

Pressure: psi bar

Temperature: °F °C

Flux: gfd LMH Adjust Final pH RO TOC Rejection

Units More Cases Water Chemistry Adjustments RO Special Features UF Special Features

Home Feed Water Ultrafiltration Reverse Osmosis IX MB Polish Summary Report

Design

Design Configuration Backwash More

UF Product Flow Rate

Automatic: 90.07 m³/h

Strainer Specification

Strainer Recovery: 99.5 %

Strainer Size: 150 µm

Module Selection

Only show modules approved for drinking water applications

DOW™ UF Module IntegraFlux SFP-2880XP

Filtration TMP Increase Between Processes

Backwash: 0.0 mbar/h

Acid CEB: 0.0 mbar/h

Alkali CEB: 0.0 mbar/h

CIP: 0.0 mbar/h

Design Instantaneous (Gross) Flux and Flow Rates

Recommended Range:

Filtrate Flux (for 5 °C): 49.7 1.00 - 120.00 LMH

Backwash Flux: 100.0 100.00 - 120.00 LMH

CEB Flux: 60.0 60.00 - 120.00 LMH

Forward Flush Flow: 3.83 1.50 - 9.00 m³/h/module

Air Flow: 12.0 10.00 - 20.00 Nm³/h/module

CIP Recycle Flow Rate: 1.5 1 - 4 m³/h/module

Design Cycle Intervals

Filtration Duration: 50 min

Acid CEB: 336 h

Alkali/Oxidant CEB: 168 h

CIP: 90 d

Membrane Integrity Testing:

Offline Time per Train: 0 min/day

Modules: IntegraFlux SFP-2880XP
Total UF Trains: 1
UF Modules: 1 x 26 = 26
Operating Flux: 50 LMH
UF System Recovery: 94.7%

Feed Water

Average Feed Flow: 95.6 m³/h

Type: Surface Water

TSS: 10.0 mg/L

TOC: 5.0 mg/L

Turbidity: 5.0 NTU

Feed Pump

Max 101.3 m³/h @ 3.3 bar

Strainer

150 µm 99.5 % Recovery

CIP Pump

39 m³/h @ 0.3 bar

Air Scour

312 Nm³/h @ 2 bar

Backwash Pump

BW 200.2 m³/h / CEB 120.1 m³/h @ 2.5 bar

Filtrate Tank

11 m³

Waste

5.0 m³/h

2 mg/L FeCl₃ 100%

2 mg/L H₂O₂ 12% 230.2 L/h

2 mg/L NaOCl 12% 220.2 L/h

Gross Filtrate 93.8 m³/h

Net Filtrate 90.1 m³/h

Conc. Valve

Waste Valve

Drain Valve

© 2018. The Dow Chemical Company. All rights reserved. Water Application Value Engine Dow Water & Process Solutions

Рисунок 3. Настройка ступени ультрафильтрации

В разделе *Конфигурация* выбираются ультрафильтрационные элементы из встроенной библиотеки, а также режим работы во время обратной отмывки (наличие и объём бака запаса очищенной воды).

В разделе *Обратная промывка* задается температура, источник воды для обратной промывки (пермеат ультрафильтрации, пермеат или концентрат обратного осмоса) и прямой промывки (предочищенная, пермеат ультрафильтрации или концентрат обратного осмоса).

В разделах *Улучшенная* и *Химическая* промывки выбираются химические реагенты, их количество, температура и длительность промывок.

В разделе *Проект* отображается сводная информация ступени предочистки и её схема.

Во вкладке *Обратный осмос (Reverse Osmosis)*, представленной на рисунке 4, производится выбор конфигурации установки обратного осмоса, который аналогичен таковому в программе ROSA и подробно описан в [1], [2].

Во вкладке *Фильтр смешанного действия (IX MB Polish)* осуществляется выбор и настройка конфигурации ФСД (рисунок 5).

В разделе *Подготовка к работе (IX Initialization)* можно произвести расчет новой установки или оценить существующую. При расчете новой установки необходимо указать количество массивов фильтров в работе и в резерве, скорость пропуска воды или длительность рабочего цикла. Производительность установки определяется автоматически в зависимости от параметра, указанного в *начальной вкладке*.

В разделе *Конфигурация фильтра и системы регенерации (Vessel and Regeneration System)* выбирается вид загрузки ионообменного материала и системы регенерации.

В разделе *Выбор ионитов (Resign Selection)* выбираются марки ионообменных смол и обменные ионы, по которым они заряжены. В встроенном каталоге присутствуют спецификации ионообменных смол следующих брендов: DOWEX™, AMBERLITE™ / AMBERJET™ / AMBERSEP™, DUOLITE™.

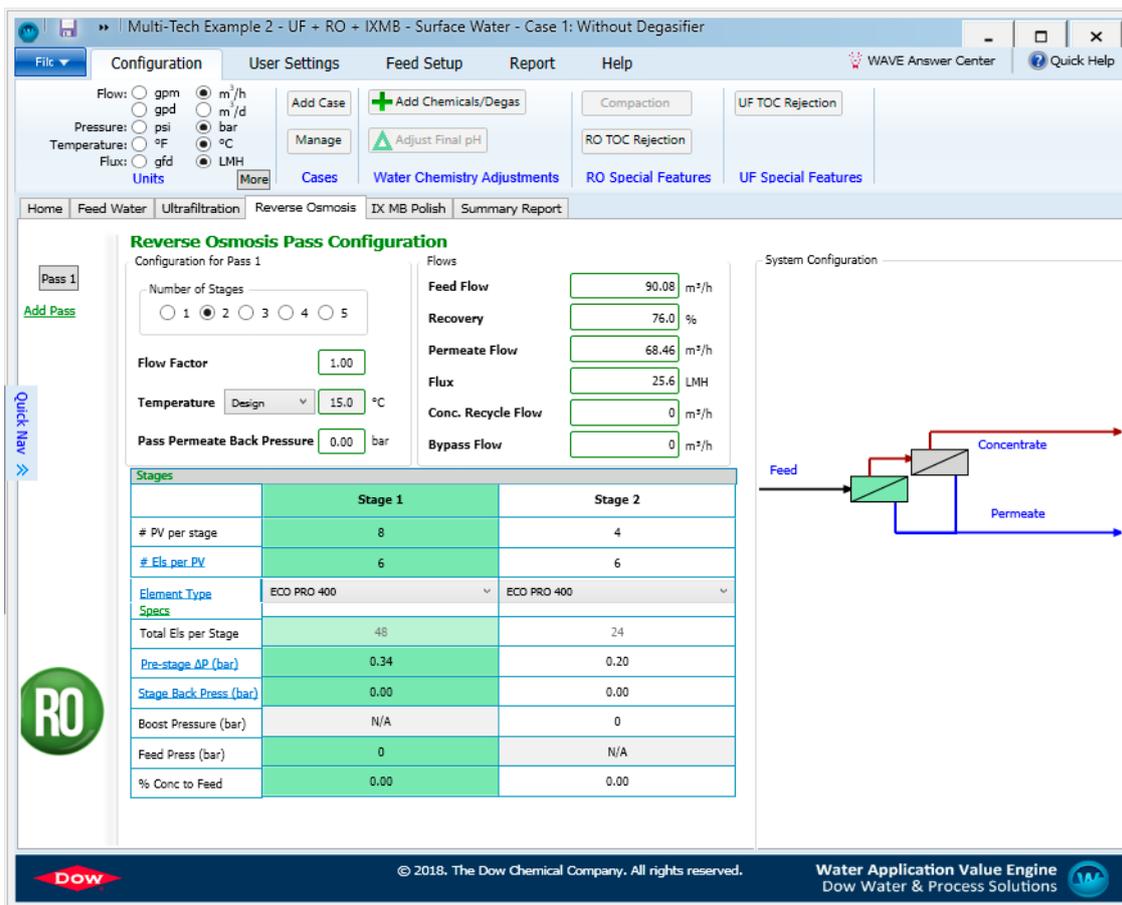


Рисунок 4. Настройка системы обратного осмоса

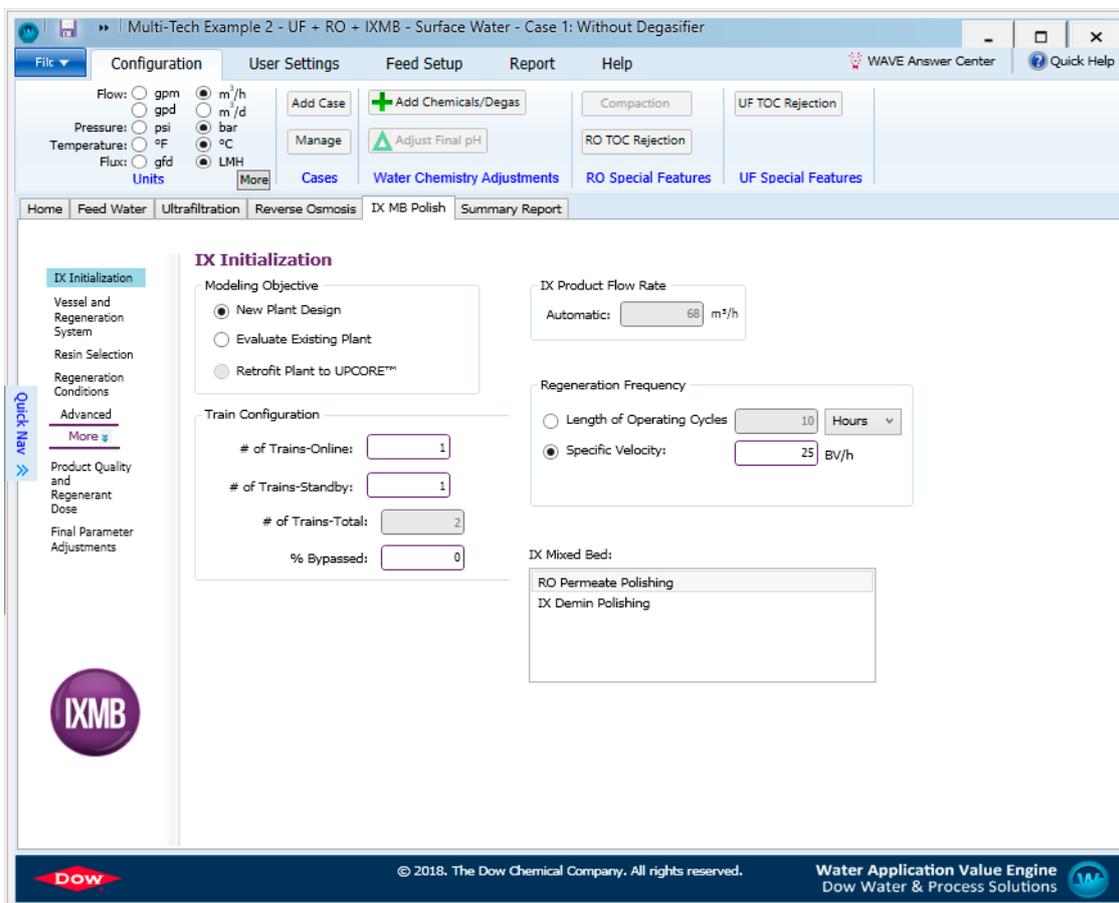


Рисунок 5. Конфигурация фильтров смешанного действия

В разделах *Условия регенерации (Regeneration Conditions)* и *Дополнительные параметры регенерации (Advanced Regeneration)* выбираются реагенты для регенерации, концентрации и температуры их растворов, источник воды, этапы операции и другие настройки.

При выборе вкладки *Отчет (Summary Report)* программа генерирует результаты проектирования по выбранным ступеням очистки, которые включают выбранное оборудование, схемы его подключения, режимы работы, виды и количество дозируемых реагентов, качество пермеата и концентрата (рисунок 6).

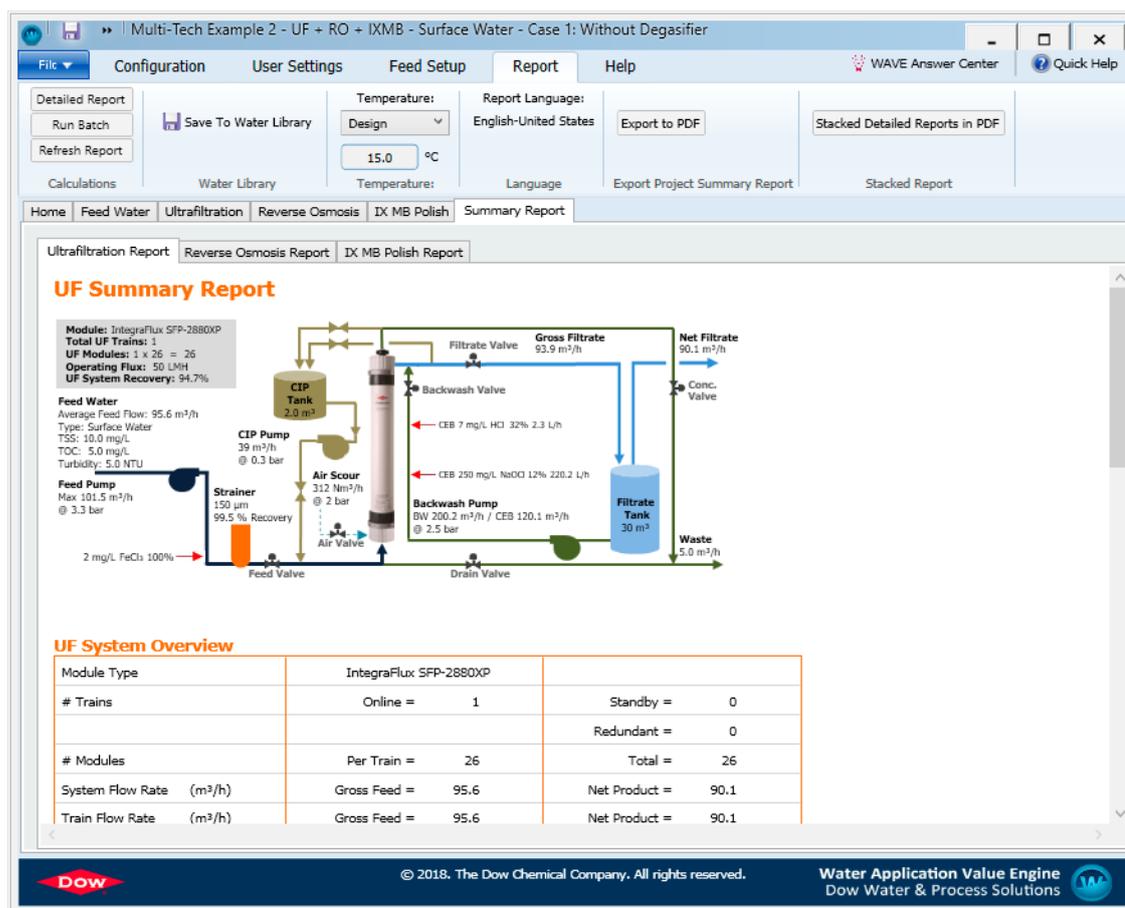


Рисунок 6. Результат проектирования ВПУ

Пример проектирования интегрированной системы, приведенный выше, показывает простоту и эффективность расчета сложных систем ВПУ с использованием специализированного программного обеспечения.

Литература

1. Салькевич, Я.А. Программное обеспечение для проектирования систем ВПУ / Я.А. Салькевич, Ю.С. Миргород; науч. рук. В.А. Чиж // Актуальные проблемы энергетики 2018 [Электронный ресурс]: материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И.Н. Прокопеня, Т.А. Петровская. – Минск: БНТУ, 2018. – С. 587–592.
2. Копылов, А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программные расчеты: учеб. пособие для вузов / А.С. Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 222 с.: ил.