

# ГИДРОСИСТЕМА 4.4 – НОВАЯ ВЕРСИЯ ВРЕМЕН COVID-19

Корельштейн Л. Б., Лисин С. Ю., Юдовина Е. Ф.,  
ООО «НТП Трубопровод»

На страницах журнала ТПА уже рассказывалось [1–6] о программе гидравлического и теплового расчета «Гидросистема» и о ее возможностях. В частности, в [2] была кратко анонсирована новая версия 4.4, а в [1] подробно описана математическая модель центробежных насосов, реализованная в этой версии. Данная статья рассказывает о других усовершенствованиях новой версии программы.

Почти все время разработки новой версии пришлось на период пандемии COVID-19, и работа над ней велась практически полностью в условиях карантина – удаленно из дома. Оказалось, что такую работу можно организовать не менее эффективно, чем в офисе! И хотя выпуск версии несколько отстал от графика (в связи со

сложностью проблем, которые пришлось решать), мы надеемся, что качество нашей работы в период пандемии не только не упало, но, возможно, даже улучшилось!

Версия 4.4 не только содержит ряд новых или улучшенных возможностей, но и закладывает предпосылки для дальнейшего развития программы по ряду направлений.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ГИДРОУДАРА

Одно из самых крупных усовершенствований программы – это новая расчетная модель поведения центробежных насосов при переходных процессах (прежде всего при запуске и остановке насосов), которая основана на кривых Сьютера, описывающих работу насоса не только в нормальном, но и в турбинном, диссипативном и реверсивном режимах. Подробнее о данной модели см. статью [1].

Другим значительным усовершенствованием модуля стала полная реализация учета кавитации (до того осуществлявшегося лишь частично). Программа сама определяет места возникновения кавитационных камер, отслеживает их возникновение и схлопывание (рис. 1). Также учитывается и распределенная кавитация.

Кроме того, в процессе работы над новой версией были сняты многие искусственные ограничения по взаимному расположению элементов трубопровода при расчете гидроудара, что избавляет пользователя от лишней работы и упрощает проведение расчетов. Был

также значительно улучшен учет гидравлического сопротивления тройников при гидроударе, что позволило устранить возникавший в некоторых расчетах трубопроводов с тройниками эффект «неудержания стационара».

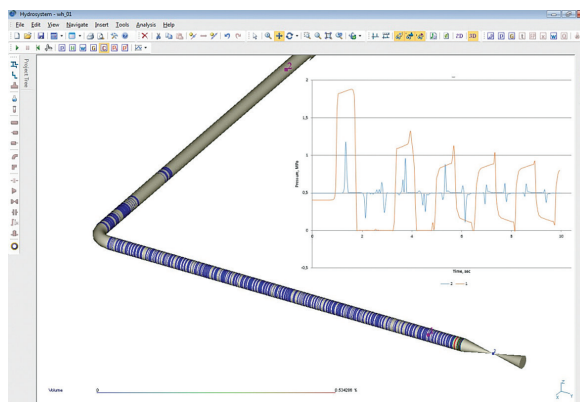


Рисунок 1

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЕТА МНОГОФАЗНОГО И ОКОЛОЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ

Другим важным усовершенствованием версии 4.4 стала реализация обратного (против потока) расчета неразветвленного трубопровода не только с множественным критическим или околозвуковым течением, но и с одновременной сменой агрегатного состояния (вскипанием и/или конденсацией, например, с переходом от течения жидкости к течению парожидкостной смеси, рис. 2, или от такой смеси – к течению газа). Расчет подобных течений не только очень важен для

трубопроводов систем аварийного сброса, где они часто встречаются, но и открывает путь для реализации в последующих версиях программы полного расчета сложных разветвленных трубопроводов систем аварийного сброса с вскипанием и конденсацией.

При этом в ходе работы над данным усовершенствованием выполнялось скрупулезное перекрестное тестирование обратного и прямого расчета двухфазных потоков, что позволило обнаружить и исправить целый ряд проблем как при обратном, так и при прямом расчете и в ряде случаев существенно повысить их точность.

Другие усовершенствования версии 4.4 в области многофазного течения включают уточнения при показе карты режимов течения, в том числе области такого опасного явления, как агрессивный перемежающийся режим, а также некоторые уточнения при расчете трехфазного течения «газ – нефть – вода».

Тепловой расчет												
Сопротивления												
Сопротивление												
	Кол-во	Длина, м	Диаметр, мм	Число Плато	Масс. код. газа	Давлен., МПа	Темп., °C	Трение, кПа	Местн., кПа	Подъем, кПа	Динамич., кПа	
Прямой участок трубы	1	1,00	80	22,82	605,44	0,49398	83,49	63,64270				
Перевоз	1	0,50	150	6,49	605,23	0,49813	83,62	117,12150				-144,91577
Прямой участок трубы	1	10,00	150	6,49	605,19	0,49814	83,63	18,98727				
Отвод криволинейный	1	0,35	150	6,49	605,18	0,49392	83,63	0,82305	4,40466			
Прямой участок трубы	1	3,00	150	8,27	0,7380	0,41938	83,28	7,57571				0,96439
Фидерная колонна	1	150	8,44	0,7658	465,49	0,00440	0,41821	83,24	0,73875			0,42468
Прямой участок трубы	1	4,00	150	23,74	1,0000	0,03257	0,39862	79,98	18,47639			60,11182
Выход свободн. на правой трубе	1		150		109,32	0,05000	0,30000	78,04				-46,64364

Рисунок 2

## ПОЛНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ SIMULIS THERMODYNAMICS

Разработчики «Гидросистемы» всегда особое внимание уделяют включенным в программу или поставляемым вместе с ней программным пакетам расчета теплофизических свойств и фазовых равновесий (ТФС

и ФР) перекачиваемых продуктов по их составу, поскольку подобные термодинамические библиотеки – основа любых технологических расчетов. Программа поддерживает работу с целым набором библиотек

как нашей собственной разработки («Свойства», СТАРС), так и пакетов наших партнеров (WaterSteamPro, GERG-2008, Simulis Thermodynamics, PVTsim). Подробнее об их возможностях см. [7].

Из всех перечисленных пакетов самый мощный по разнообразию охватываемых продуктов и поддерживаемых методов расчета – Simulis Thermodynamics нашего партнера, компании ProSim S.A. В версии 4.4 «Гидросистемы» пользователи, имеющие лицензию Simulis Thermodynamics, не только смогут использовать Simulis для гидравлических и тепловых расчетов по программе, но и получат прямой доступ ко всем его настройкам и расчетным функциям непосредственно из «Гидросистемы» (рис. 3). Кроме того, при переключении со СТАРС на Simulis Thermodynamics программа теперь не только сама корректно переключает индивидуальные вещества в составе продукта, но и пересчитывает псевдокомпоненты (нефтяные фракции), что значительно упрощает перекрестную проверку результатов расчета течения сложных по составу нефтепродуктов при расчете по различным термодинамическим библиотекам.

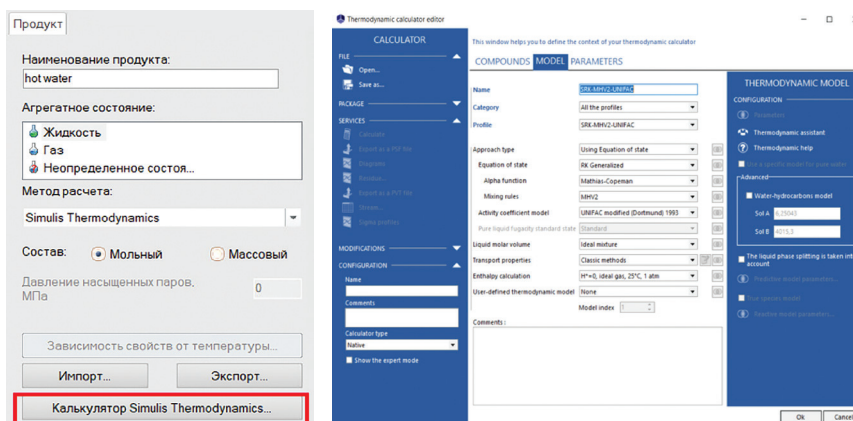


Рисунок 3

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Для конечных пользователей программы, наряду с ее расчетными возможностями, огромную роль играет удобство пользовательского интерфейса. Его усовершенствованию всегда уделялось огромное внимание, не стала исключением и версия 4.4.

Программа теперь поддерживает операцию группового редактирования, которая позволяет легко и быстро менять значение параметров сразу у всех выбранных элементов и значительно упрощает расчет различных вариантов трубопровода.

Функция подбора управляющих параметров по целевым теперь дополнена возможностью видеть текущие значения целевых параметров в процессе подбора, соотносить их с заданными пользователем и тем самым наблюдать за процессом подбора в реальном времени, а при необходимости и прерывать его (например, если уже достигнута требуемая точность подбора или

наряду с этим продолжается и работа по усовершенствованию нашей собственной библиотеки СТАРС. В частности, в новой версии был модернизирован расчет по СТАРС нефтяных фракций и их смесей с индивидуальными веществами за счет использования при расчете критических параметров нефтяных фракций сразу трех методик – Григорьева, Тви и API.

если управляющие параметры или их начальные значения выбраны настолько неудачно, что процесс подбора явно не сходится). Это особенно важно и удобно для сложных трубопроводов и подбора по нескольким параметрам, когда процесс подбора может занять значительное время.

Еще одним чрезвычайно важным усовершенствованием стал новый сервис поиска и исправления нестыковок по высотам в схемах с замкнутыми контурами. У трубопроводов, содержащих жидкую фазу, подобные нестыковки (из-за неточного задания вертикальных проекций участков) могут приводить к значительным погрешностям в результатах расчета, вплоть до проблем со сходимостью самого расчета. Однако найти проблемные участки, вызывающие подобные нестыковки, в многоконтурных схемах бывает весьма непросто, и новый сервис позволяет автоматизировать этот процесс.

## ПЛАНЫ НА БУДУЩЕ

Параллельно с работой над версией 4.4 ведется активная работа над рядом усовершенствований, которые войдут в последующие версии программы. Так, в версию 4.5 планируется включить расчет подводных трубопроводов, уточненный расчет центробежных насосов при перекачке осаждающихся взвесей, расчет усилий от снарядного течения и другие улучшения.

Наши дальнейшие планы включают реализацию расчета сложных трубопроводных систем с предохранительной арматурой со множественным многофазным критическим течением, расчет

реактивных усилий, расчет смешения продуктов разного состава, редактор сценариев и расширенные возможности графического отображения результатов и многое другое.

Активная работа по дальнейшему развитию программ продолжается, и коллектив разработчиков НТП Трубопровод всегда рад узнать и по возможности учесть пожелания пользователей. Мы Вас слышим!

Москва, март 2021 года

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Корельштейн Л. Б., Тарасевич В. В., Юдовина Е. Ф. Опыт динамического моделирования центробежных насосов при расчете гидроудара // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2021. – № 1 (112). – С. 48–49.
2. НТП Трубопровод: Новые версии расчетных программ трубопроводов // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2020. – № 4 (109). – 40 с.
3. Бабенко А. В. Гидравлический расчет промышленных трубопроводов в программе «Гидросистема». // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2019. – № 4 (103). – С. 36–37.
4. Бабенко А. В., Юдовина Е. Ф., Корельштейн Л. Б. Новые возможности программного комплекса «Гидросистема». // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2019. – № 3 (102). – С. 38–40.
5. Юдовина Е. Ф., Корельштейн Л. Б. Новые возможности гидравлических расчетов трубопроводов. К 40-летию юбилею программы «Гидросистема». // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017. – № 6 (93). – С. 76–77.
6. Бабенко А. В., Корельштейн Л. Б. Гидравлический расчет двухфазных газожидкостных течений: современный подход. // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2016. – № 2 (83). – С. 38–42.
7. Корельштейн Л. Б., Лисин С. Ю. «Русский» Simulis и другие новости термодинамики // CADMaster. – 2013. – № 3 (70). – С. 86–95.