

Лекция №9

Тема: Причины и механизмы образования парафиновых отложений в нефтяных трубопроводах

План

1. Состав парафиновых отложений
2. Причины появления парафиновых отложений
3. Химические методы уничтожения парафиновых отложений



Асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО)

(англ. *asphaltic resinous paraffine sediments, paraffine sediments*) — тяжелые компоненты нефти, отлагающиеся на внутренней поверхности нефтепромыслового оборудования и затрудняющие её добычу, транспорт и хранение

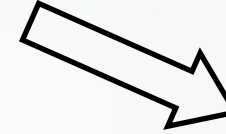
Механизм образования

Современные представления о механизме образования парафиновых отложений



Осадочно-объемная теория

Кристаллы парафина образуются в объеме движущейся нефти и постепенно оседают на поверхности металла и закрепляются на ней, образуя постепенно осадочный слой органических отложений



Кристаллизационно- поверхностная теория

Парафиновые кристаллы образуются непосредственно на металлической поверхности и постепенно кристаллизуются в комплексы. Процесс кристаллизации парафина на поверхности идет за счет подпитки из нефтяного раствора

Условиями формирования парафиновых отложений

- - наличие в нефти высокомолекулярных соединений углеводородов и в первую очередь метанового ряда (парафинов);
- - снижение пластового давления до давления насыщения;
- - снижение температуры потока до значений, при которых происходит выделение твердой фазы из нефти;
- - наличие подложки с пониженной температурой, на которой кристаллизуются высокомолекулярные углеводороды с достаточно прочным сцеплением их с поверхностью, исключающим срыва отложений потоком газожидкостной смеси или нефти при заданном технологическом режиме.

Методы по предотвращению отложений АСПО

- - подбор и установление режима откачки, обеспечивающего оптимальную степень дисперсности водонефтяного потока;
- - применение скважинных насосов с увеличенным проходным сечением клапанов;
- - применение НКТ с покрытием;
- - установка скребков на штангах;
- - увеличение производительности глубинных насосов, т.е. увеличение скорости подъема жидкости.

Отложения на внутренней поверхности трубопровода

При эксплуатации магистральных нефтепроводов и продуктопроводов внутри труб скапливается множество различного рода механических примесей – ржавчина, окалина, песок, вода, церезины, асфальгены, смолистые вещества и так далее, которые снижают качество нефти и нефтепродуктов, изнашивают трубы и забивают запорную арматуру, приводят к износу фланцевых соединений.



Отложения парафина в трубах

При перекачке парафиновых видов нефти на стенках труб происходит отложение парафина, который уменьшает проходное сечение трубопровода, что сказывается на производительности перекачки и может привести к полной закупорке трубопровода и остановке перекачки.

Основными факторами, влияющими на отложение парафина, являются:

- физико-химические свойства перекачиваемой нефти;
- изменение температурного режима (охлаждение) нефти в процессе перекачки;
- изменение содержания растворенных газов;

характер режима перекачки (изменение давления, остановки).



Физический процесс возникновения осадка парафина из нефти



Парафин выделяется из нефти в виде кристаллов, которые, соединяясь между собой, образуют парафиновую массу. Она представляет собой пористый скелет, поры которого заполнены нефтью и водой. Температура плавления такой массы зависит от ее состава и колеблется от 40 до 50° С. Вязкость застывания парафинистой нефти зависит от количества находящегося в ней парафина и температуры. Чем больше содержание парафина и ниже температура нефти, тем больше увеличивается ее вязкость и тем меньше ее тягучесть.

Распределение отложений вдоль нефтепровода



Процесс застывания начинается у стенок трубы и постепенно распространяется к центру.

Отложение парафина по диаметру трубопровода так же происходит неравномерно: в нижней части трубопровода парафина откладывается меньше, чем в верхней его части. Это объясняется тем, что верхняя поверхность трубы имеет более низкую температуру и что механические примеси сдирают с нижних стенок трубопровода отложившийся парафин.

Методы по предотвращению отложений АСПО используемые на Талаканском месторождении

- Запуск скребков в трубопроводы

Пенополиуретановые

Предназначены для очистки трубопроводов и вытеснения продуктов из трубопровода.

Пенополиуретановые скребки имеют малый вес и наименьшую стоимость. Преодолевают участки трубопровода с сужением до 50% от исходного диаметра и изгибы малого радиуса. Могут применяться в трубопроводах, не приспособленных для очистки скребками.

Для обеспечения возможности дополнительной очистки на скребки могут быть установлены щетки различной жесткости, магниты и т.д.



Камера запуска и приема скребка



Механическая депарафинизация скважины (МДС) типа «Лебедки Сулейманова».

- *Конструкция.*

Устройство выполнено в виде модульной конструкции, содержащей редуктор, барабан для проволоки, устройство контроля натяжения проволоки, контроллера системы управления работой лебедки по заданной программе. Ею, предусмотрена работа как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Принцип работы.

Подвешенный на проволоку скребок опускается в скважину на заданную глубину, после чего поднимается вверх. С помощью этой несложной операции и очищаются стенки НКТ от парафина, и скважина начинает свободно «дышать».



АИС-1

- Агрегат исследования скважин АИС-1 на шасси автомобиля Урал-5557-1112 используется для проведения работ по МДС инструментом, опускаемым на проволоке.



АДМП – агрегат депарафинизации передвижной модернизированный



Предупреждение отложений парафина

Для поддержания пропускной способности нефтепровода требуется проводить профилактические мероприятия по предупреждению отложений парафина или очистку трубопровода от отложений парафина. В настоящее время применяются практически оба способа.

К профилактическим мероприятиям относятся:

- исключение закачки в трубопровод накопившейся в резервуарах парафинистой взвеси (шлаков);
- проведение в соответствии с ГОСТ 1510 ежегодных зачинок резервуаров от остатков нефти;
- применение термообработки высокопарафинистой нефти, которая заключается в подогреве нефти до определенной для каждого сорта температуры и охлаждении;
- смешение высокопарафинистой нефти с маловязкой или малопарафинистой нефтью;
- механическое перемешивание и перекачка переохлажденной нефти, чтобы кристаллы парафина вместе с адсорбированными на них смолами не могли цементироваться друг с другом, прилипнуть к стенкам трубопровода и уноситься потоками нефти;
- введение специальных присадок в высокопарафинистую нефть, повышающих текучесть нефти, и другие способы.

Механическая очистка трубопровода

Наиболее распространенным и эффективным способом очистки внутренней поверхности нефтепровода от отложений парафина является механическая очистка с применением специальных скребков, чистящими элементами которых являются всевозможные диски, ножи и проволочные щетки. Скребки разных конструкций различны по эффективности удаления отложений со стенок труб, по износостойкости и проходимости.



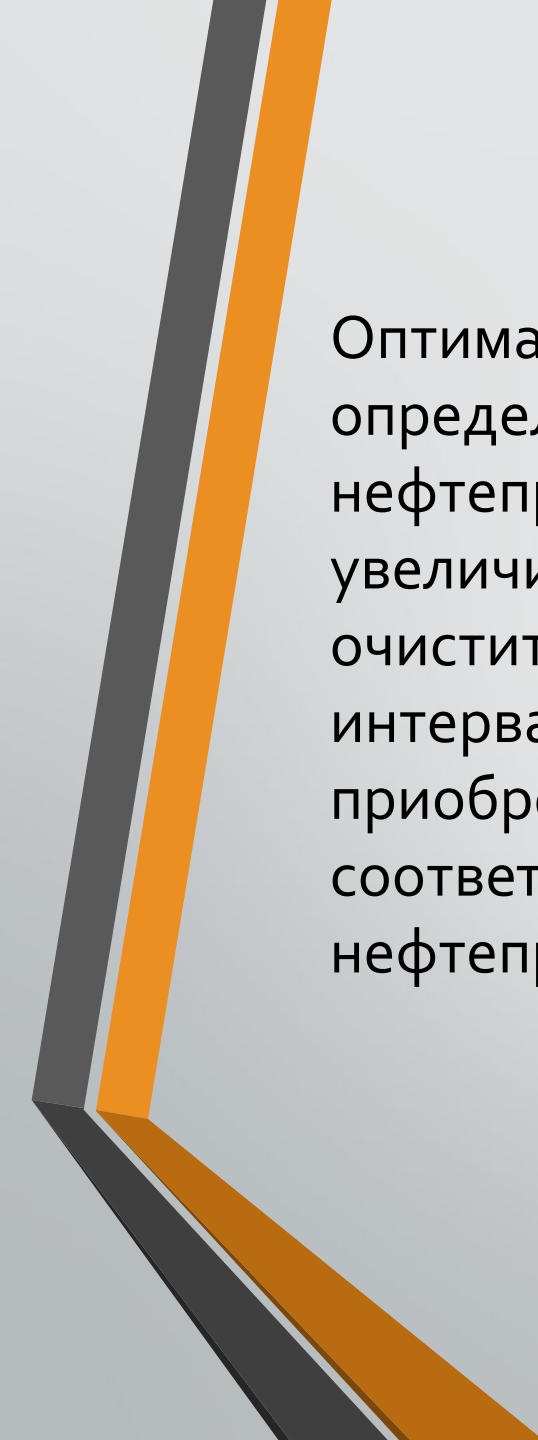
Износостойкость характеризуется эффективной длиной очистки трубопровода. В настоящее время при регулярной очистке нефтепровода металлические очистные скребки могут без чрезмерного износа проходить до 100 км.

Проходимость скребков характеризуется способностью проходить через различные препятствия внутри трубопровода – задвижки, переходы, подкладные кольца, *фланцы*, выступы корней сварочных швов и так далее.

Для безостановочного прохождения скребков требуется определенное давление и скорость потока не менее 1,2 – 1,5 м/с. Поэтому дежурный персонал должен строго следить за режимом перекачки. Так же должен осуществляться постоянный контроль за продвижением скребка по длине трубопровода. Для контроля продвижения скребка применяются различные приборы слежения. Широкое распространение получил переносный звукоуловитель, состоящий из микрофона, усилителя и наушников.

Хорошей проходимостью обладает шарообразные резиновые разделители типа СН. Изготавливается такой очистной скребок из износостойчивой резины с пластиковыми и металлическими резцами закругленной формы, запрессованными во внешнюю оболочку скребка. Скребок имеет клапан, через который закачивается рабочая жидкость. Под давлением рабочей жидкости наружный диаметр скребка увеличивается и резцы выступают над поверхностью. Резцы расположены таким образом, что скребок, находясь в любом положении в полости трубопровода, очищает всю его внутреннюю поверхность. Применяются так же резиновые шары, оплетенные металлической стальной цепью.





Оптимальная периодичность пропуска скребков по нефтепроводу определяется экономическими соображениями. Отложение парафина в нефтепроводе вызывает снижение пропускной способности и увеличивает убытки. Эти убытки возрастают с ростом интервала пропуска очистительных устройств. Убытки так же возрастают и при уменьшении интервала пропуска скребков за счет увеличения затрат на их приобретение. Оптимальная периодичность пропуска скребков соответствует варианту, когда сумма убытков от запарафинивания нефтепровода и приведенных затрат на пропуск скребков минимальна.

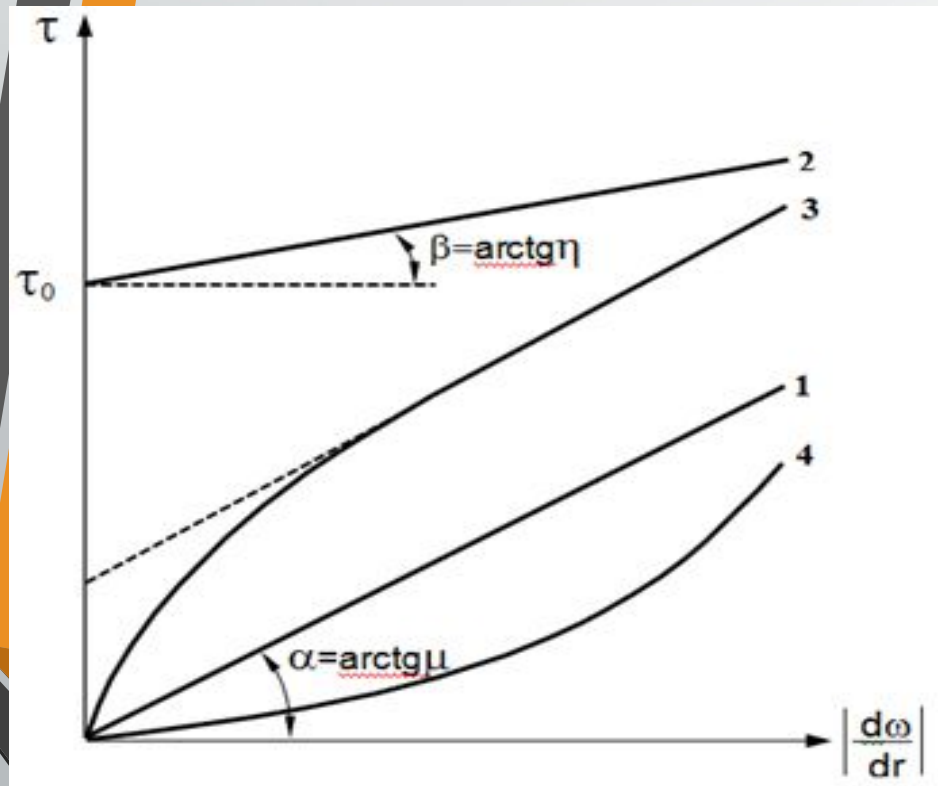
Цель:

Анализ влияния различных факторов на эффективность транспортировки нефти с высоким содержанием парафина.

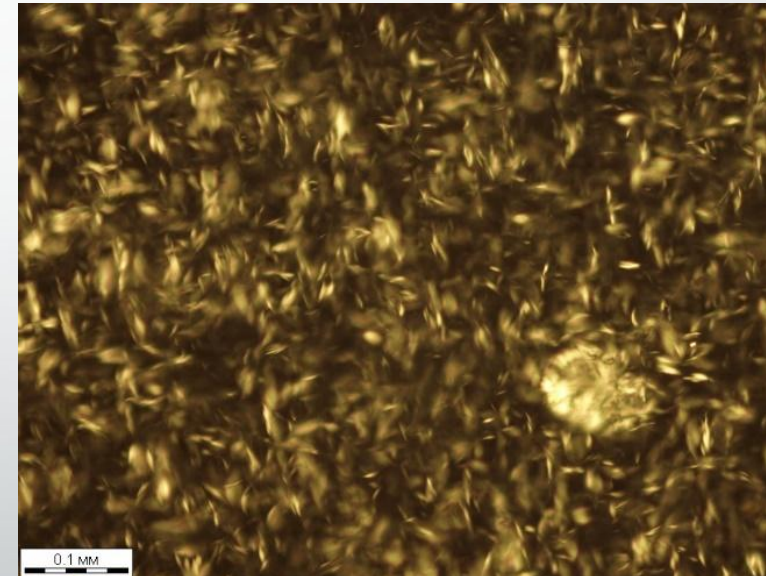
Задачи:

- Изучить состав и свойства асфальтосмолопарафиновых отложений;
- Рассмотреть механизм парафинизации трубопровода и факторы, влияющие на этот процесс;
- Выполнить расчет толщины отложений на стенках трубопровода в зависимости от рассматриваемых факторов;
- Сделать вывод о влиянии рассматриваемых факторов на эффективность перекачки высокопарафинистых нефтей.

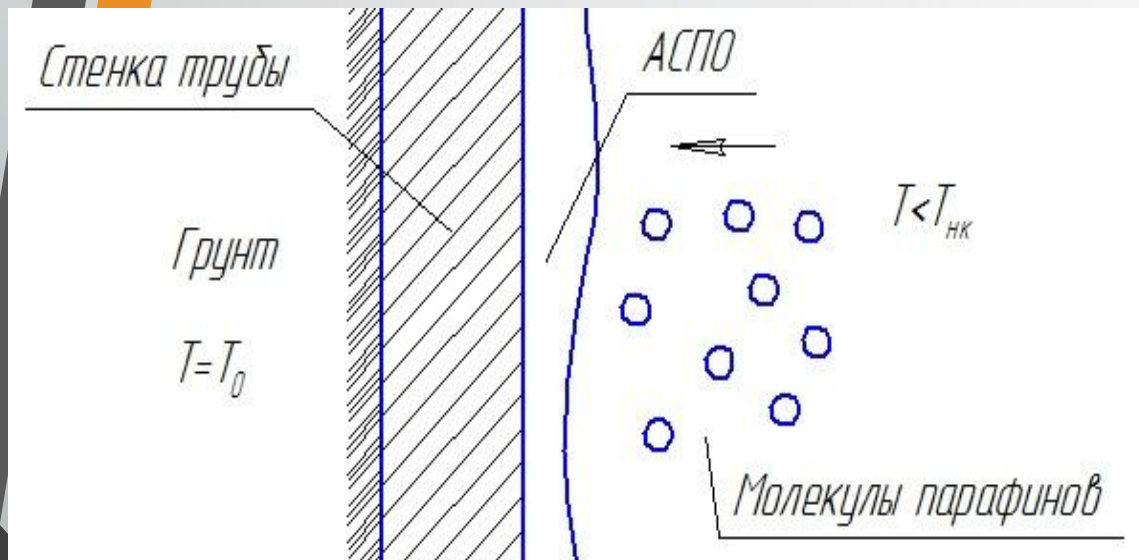
Кривые течения различных типов жидкости



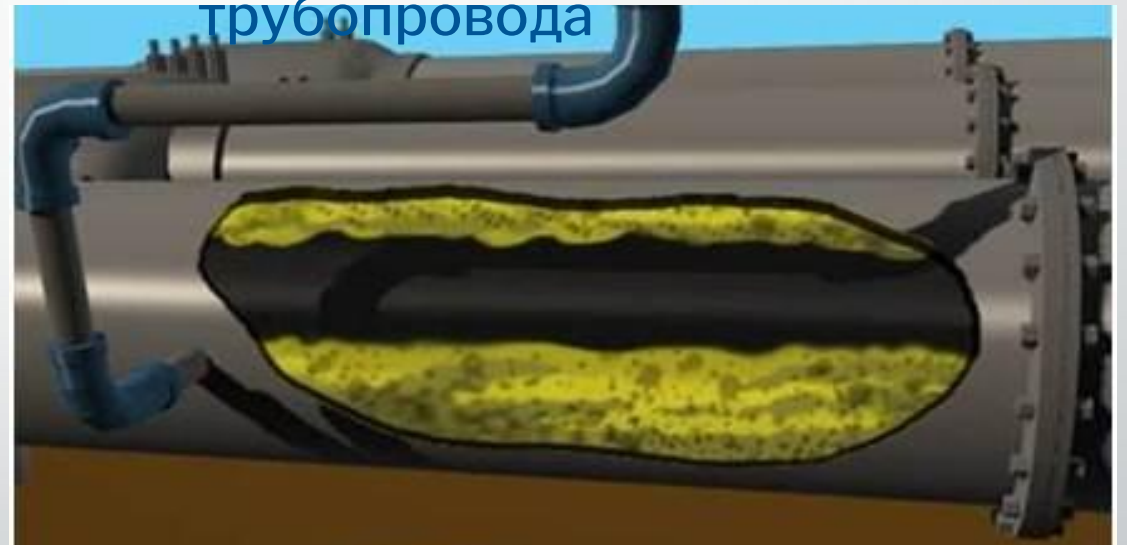
Микрофотография высокопарафинистой нефти с кристаллами парафинов



Молекулярная диффузия частиц парафина



Кристаллизация парафина на стенках трубопровода



Эффективность работы трубопровода

$$E = \frac{i}{i_{\phi}} = \left(\frac{D_{\text{эф}}}{D_{\text{экв}}} \right)^{5-m}$$

Эффективный диаметр трубопровода

$$D_{\text{эф}} = D_{\text{экв}} - 2 \cdot \delta_{\text{сред.отл.}}$$

Эффективность работы трубопровода напрямую зависит от толщины парафиновых отложений

Параметры	Значения	Параметры	Значения
Содержание парафинов R	22,5%	Длина участка L	120 км
Плотность нефти при 20 °С	852 кг/м ³	Производительность перекачки Q	0,3 м ³ /с
Температура кипения T _к	65 °С	Температура нагрева T _н	55 °С
Температура застывания T _з	30 °С	Температура окружающей среды T	15 °С
Температура начала кристаллизации парафинов T _{кр}	50 °С	Шероховатость внутренней поверхности k _э	0,15 мм
Диаметр трубопровода D	1020x12 мм	Полный коэффициент теплопередачи k	1,8 Вт/м ² ·с

Толщина парафиновых отложений на стенке трубопровода

$$\delta_{\Pi} = \frac{(R_{\text{H}} - R)(T - T_0)}{\pi D (T_{\text{HK}} - T)} \frac{\rho_{\text{H}}}{\rho_{\Pi}} \tau \cdot 10^{-2} \cdot \frac{ya}{a - y} (e^{-y \cdot l} - e^{-a \cdot l})$$

Температура нефти в любой
точке трубопровода

$$t = t_0 + b + (t_1 - t_0 - b) \cdot e^{-ax}$$

Показатель интенсивности
отложения парафина

$$y = A_Y V \left(1 - b_{\Pi} \frac{V^{2-m}}{D} \right)$$

Показатель крутизны падения
температуры

$$a = \frac{k \cdot \pi \cdot D}{Q \cdot \rho \cdot C_M^*}$$

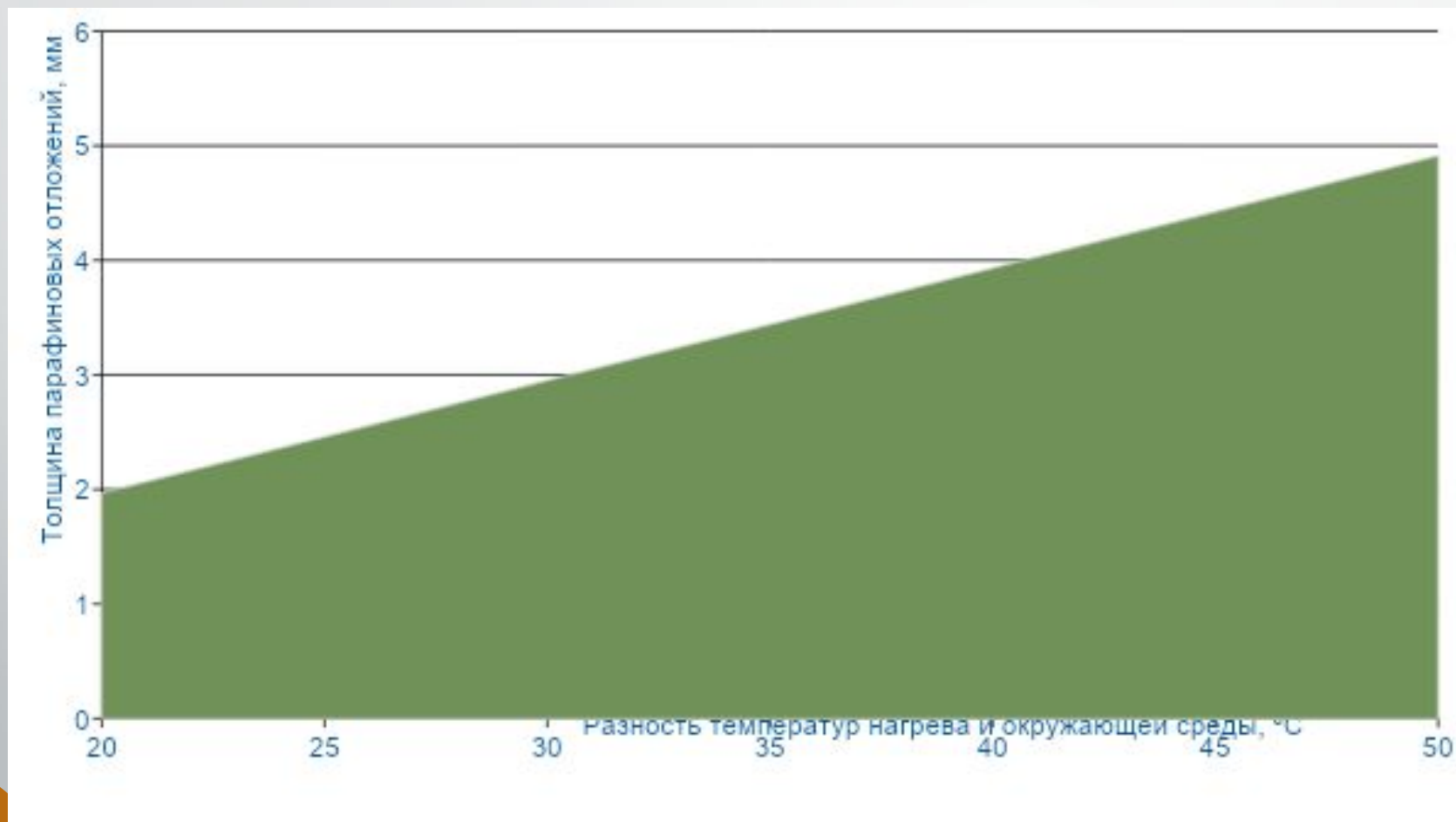
Температура нагрева нефти
за счет трения

$$b = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot i}{k \cdot \pi \cdot D}$$

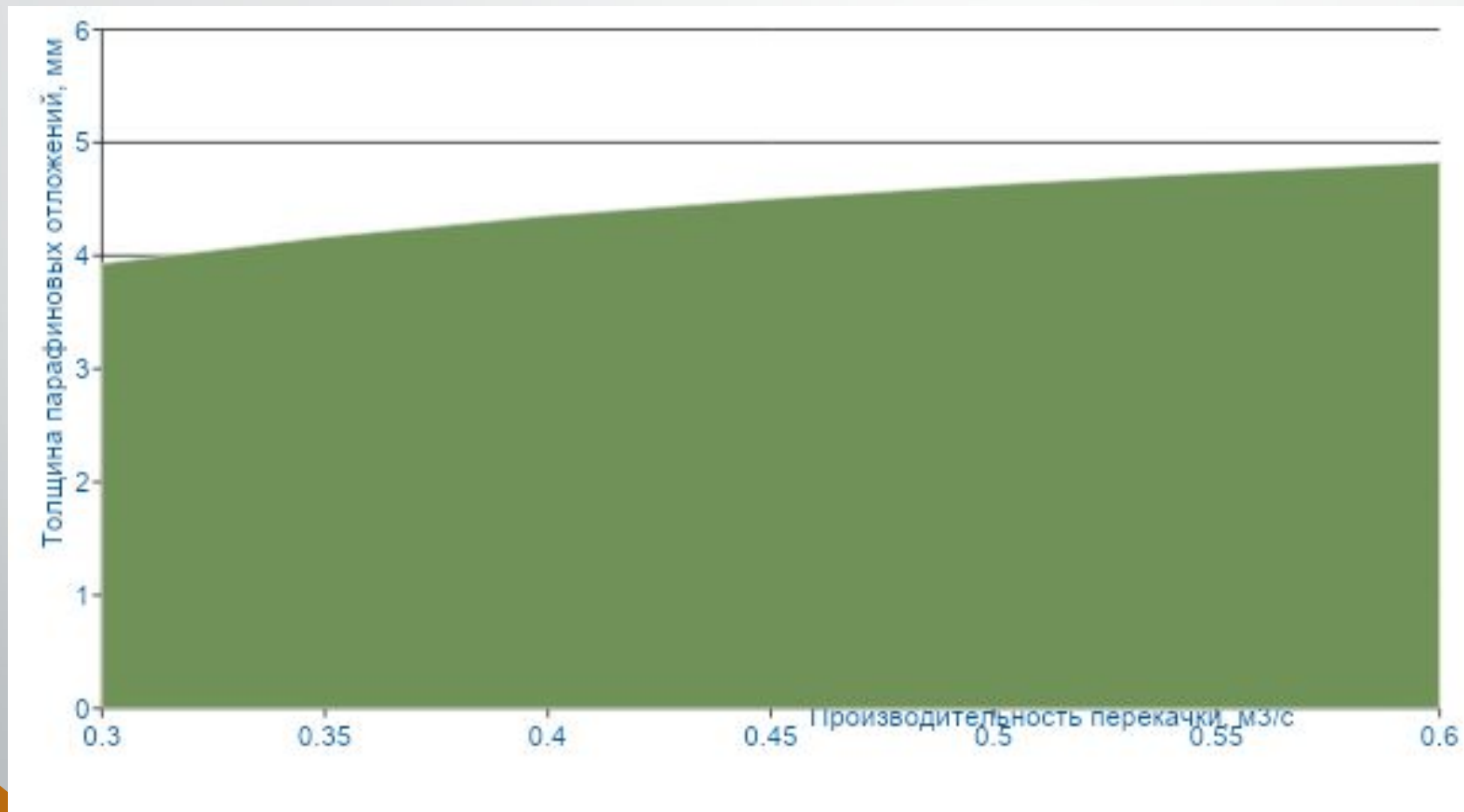
Распределение толщины парафиновых отложений в «горячем» и изотермическом трубопроводах



Зависимость толщины парафиновых отложений от разности температуры нагрева и окружающей среды

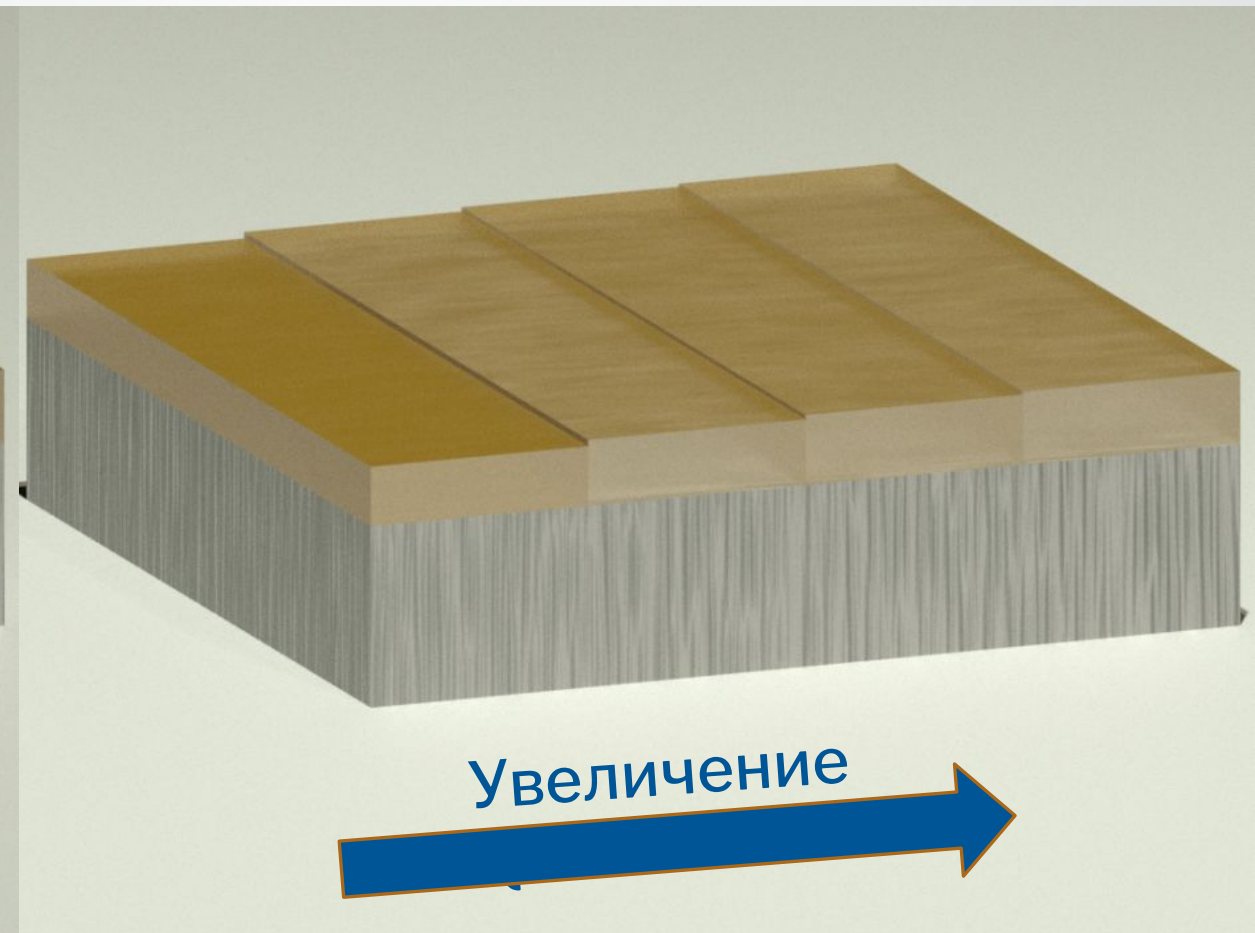
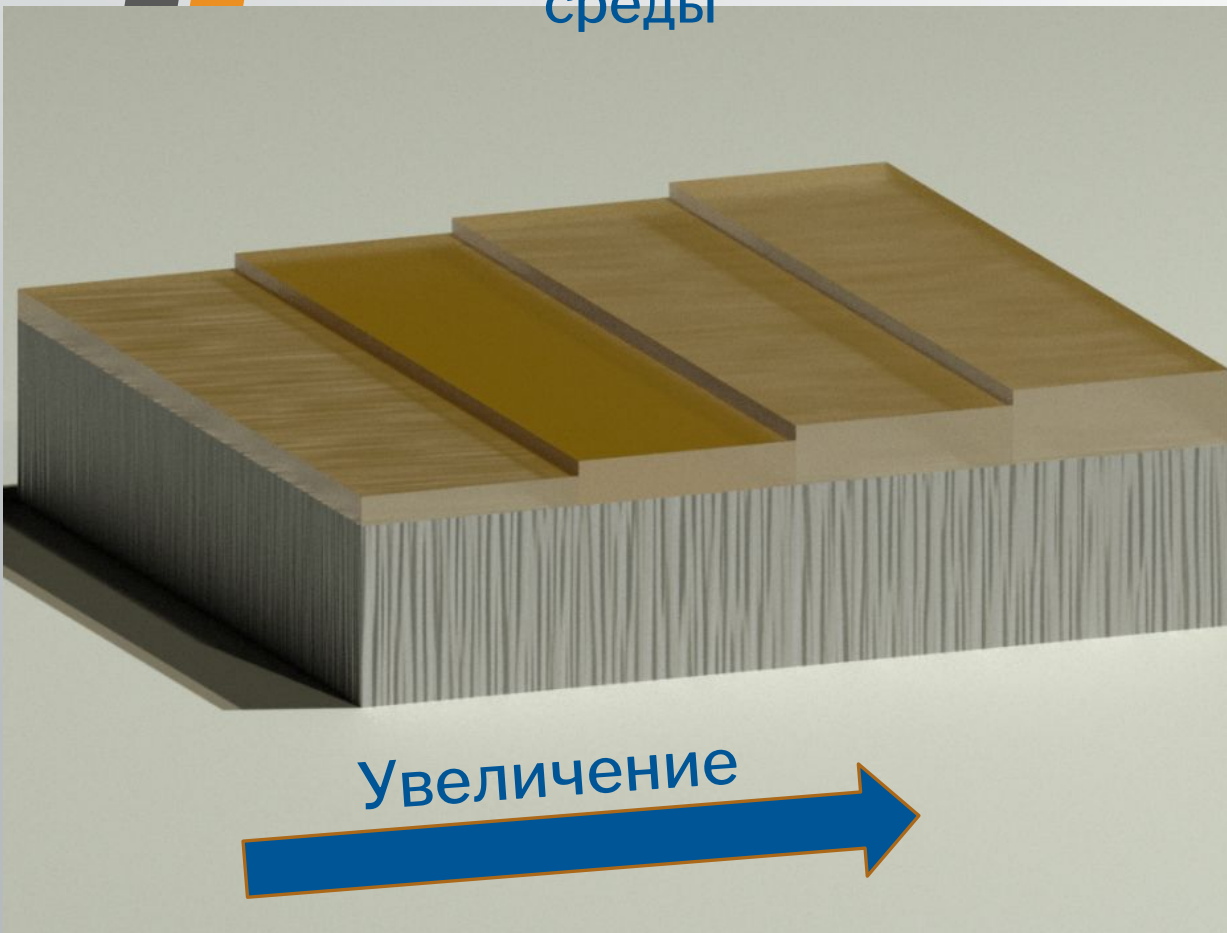


Зависимость толщины парафиновых отложений от производительности перекачки

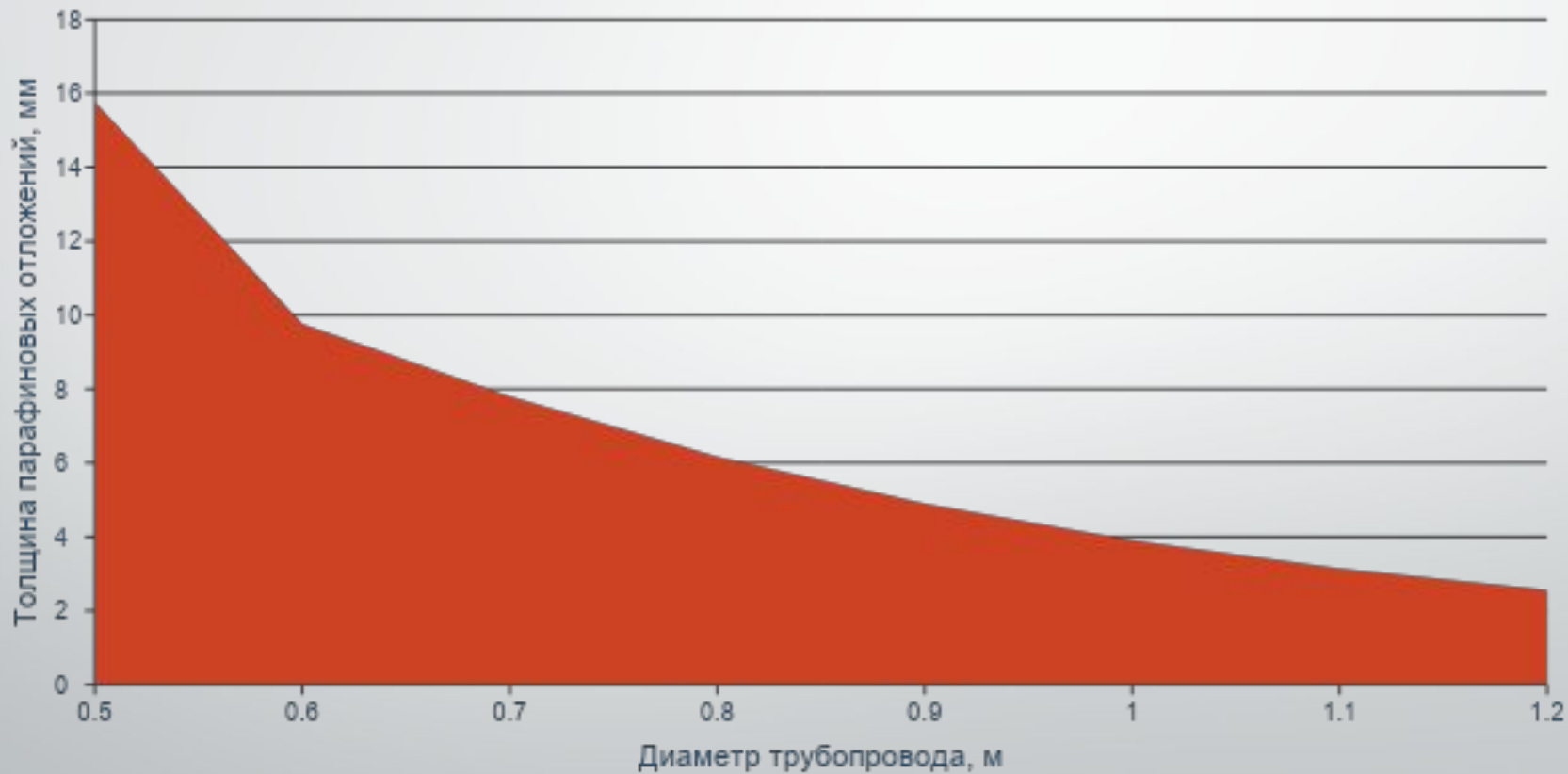


Зависимость от разности температуры нагрева и окружающей среды

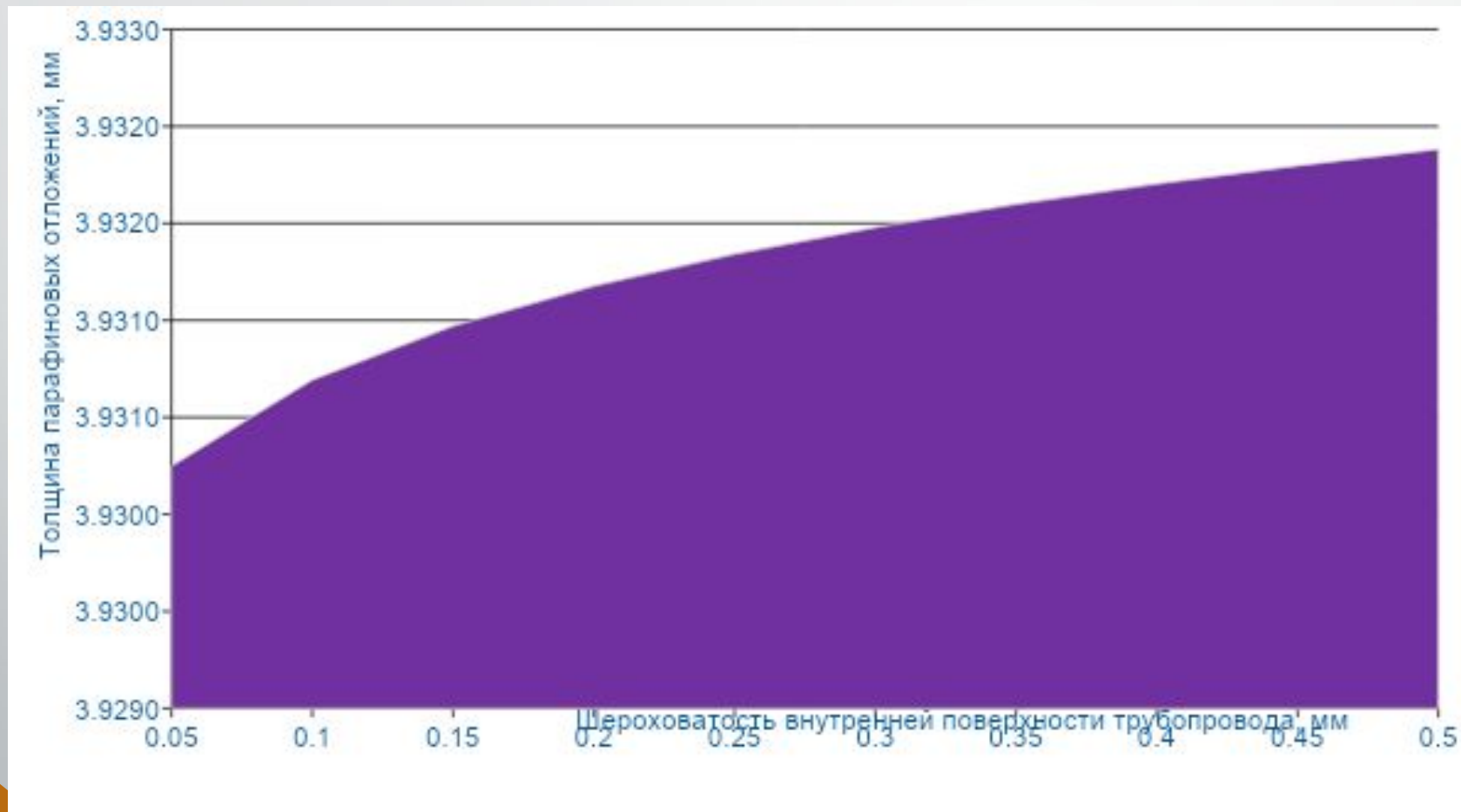
Зависимость от производительности перекачки



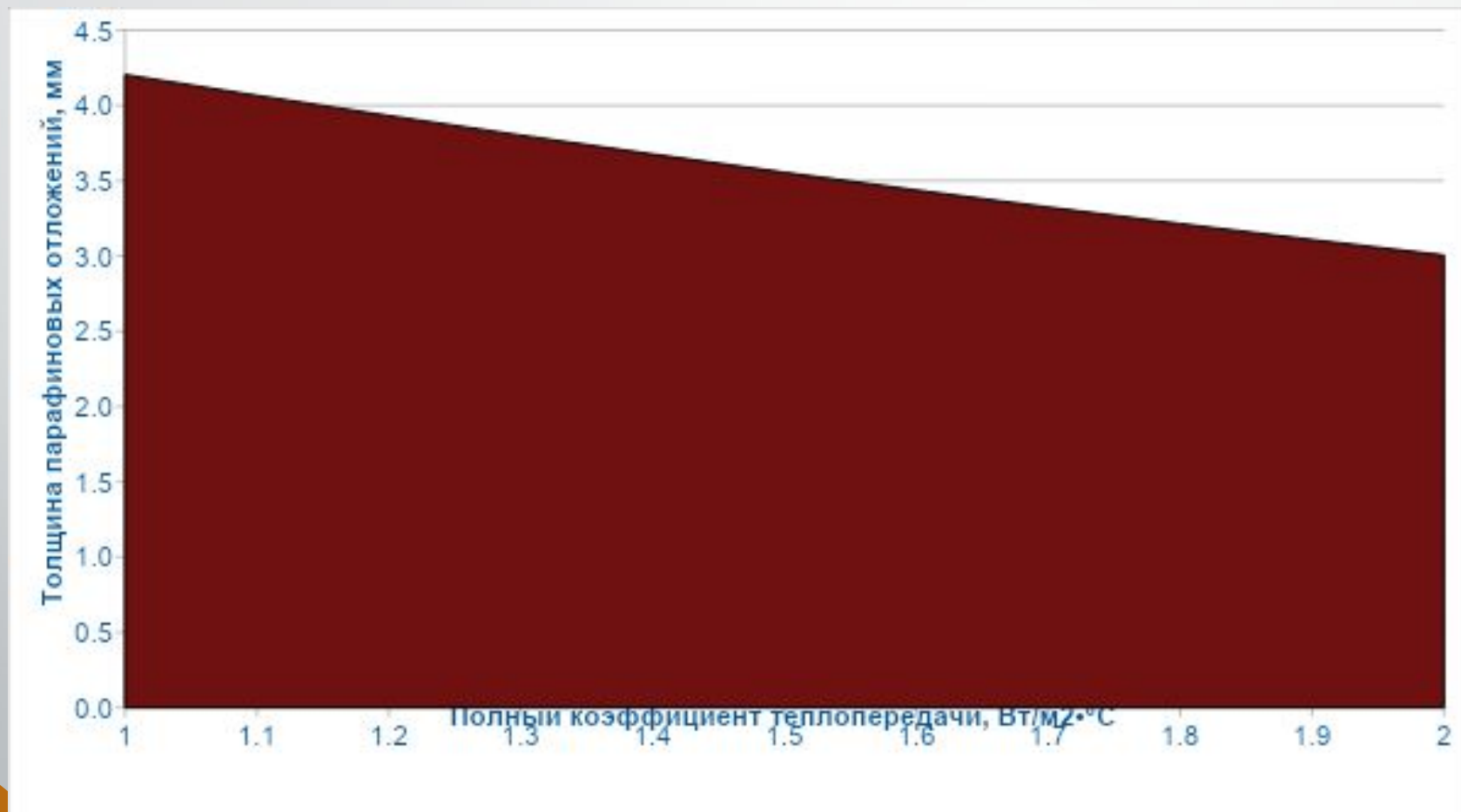
Зависимость толщины парафиновых отложений от диаметра трубопровода



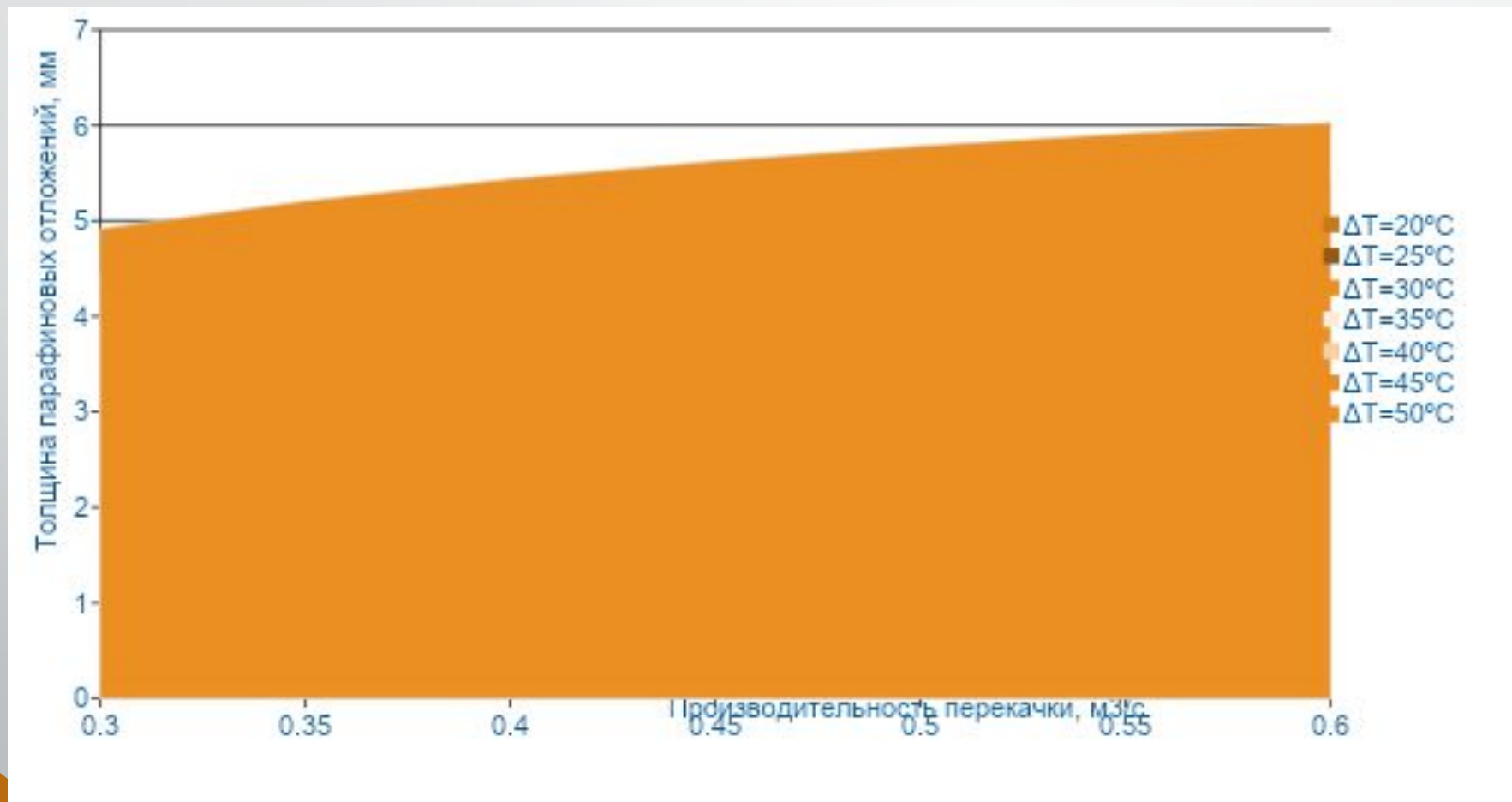
Зависимость толщины парафиновых отложений от шероховатости внутренней поверхности трубопровода



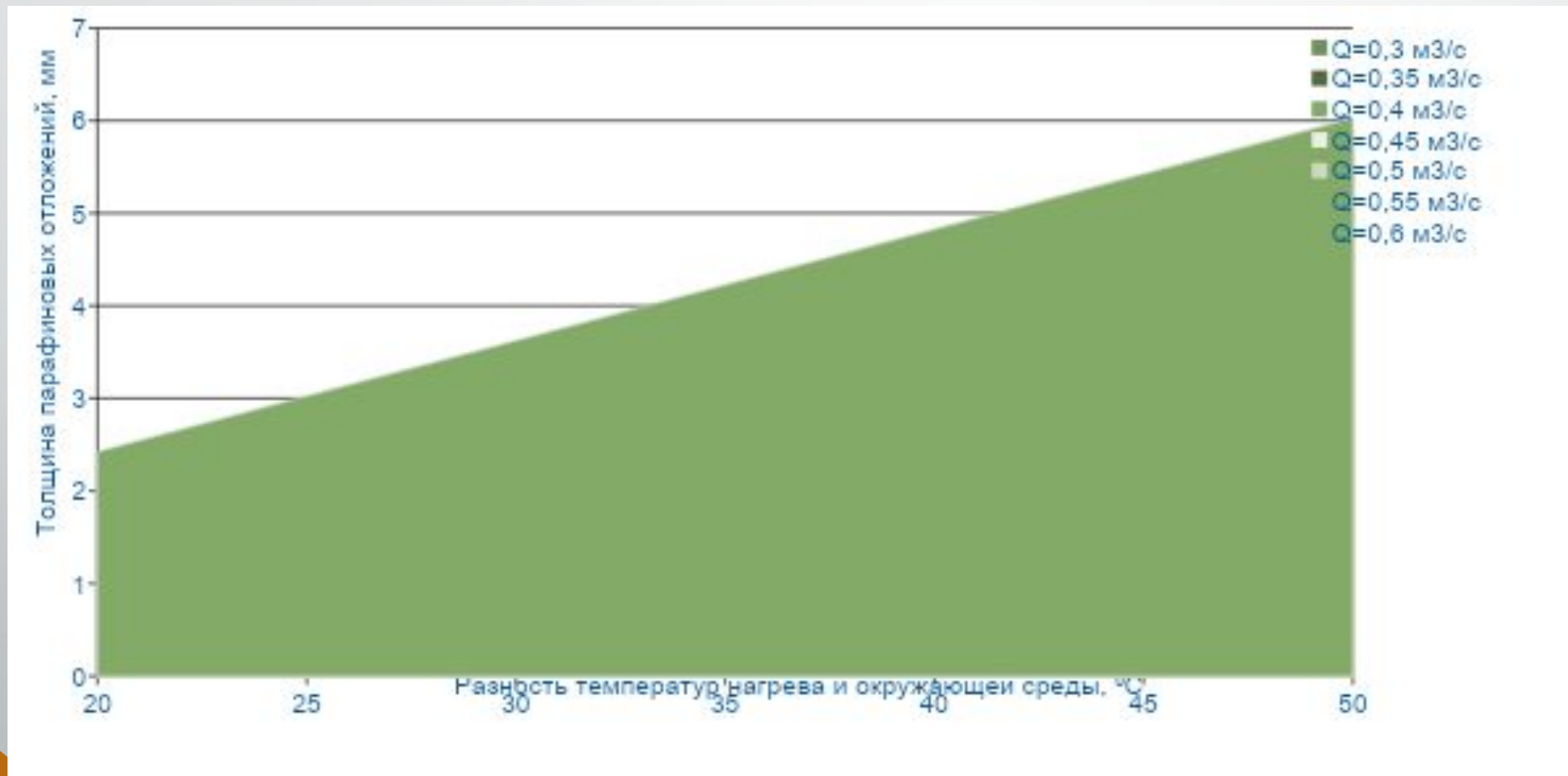
Зависимость толщины парафиновых отложений от коэффициента теплопередачи



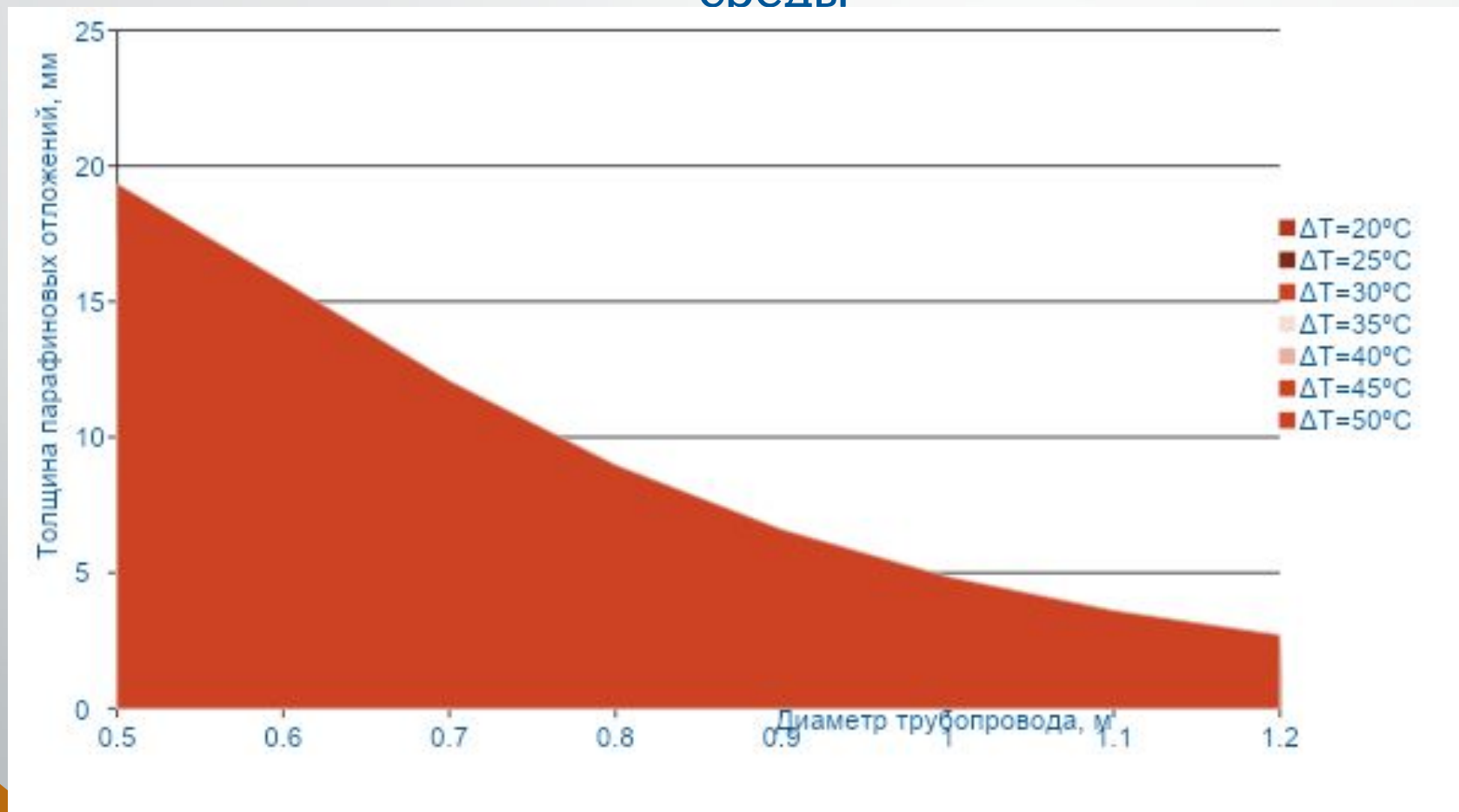
Влияние производительности перекачки на толщину парафиновых отложений при различных значениях разности температур нагрева нефти и окружающей среды



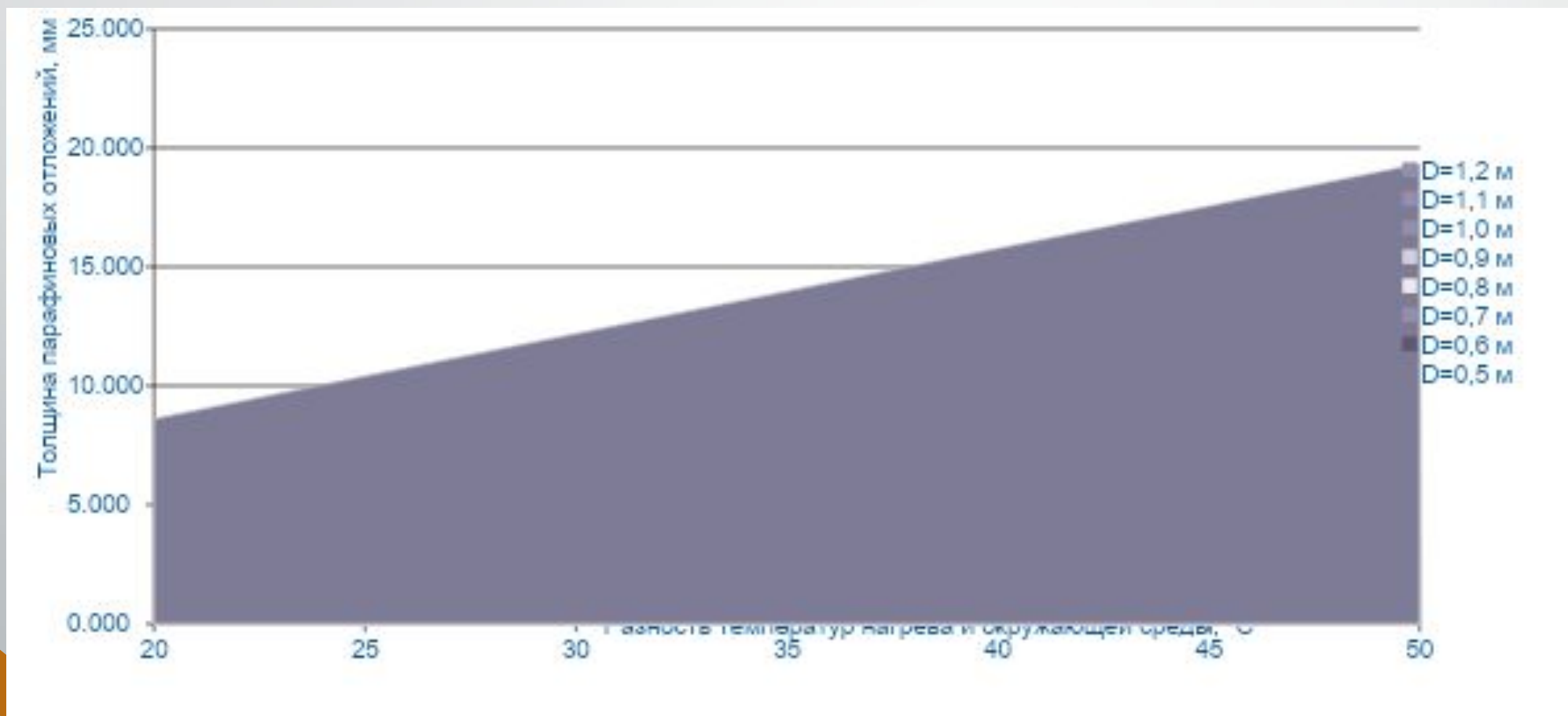
Влияние разности температур нагрева нефти и окружающей среды на толщину парафиновых отложений при различных значениях производительности перекачки



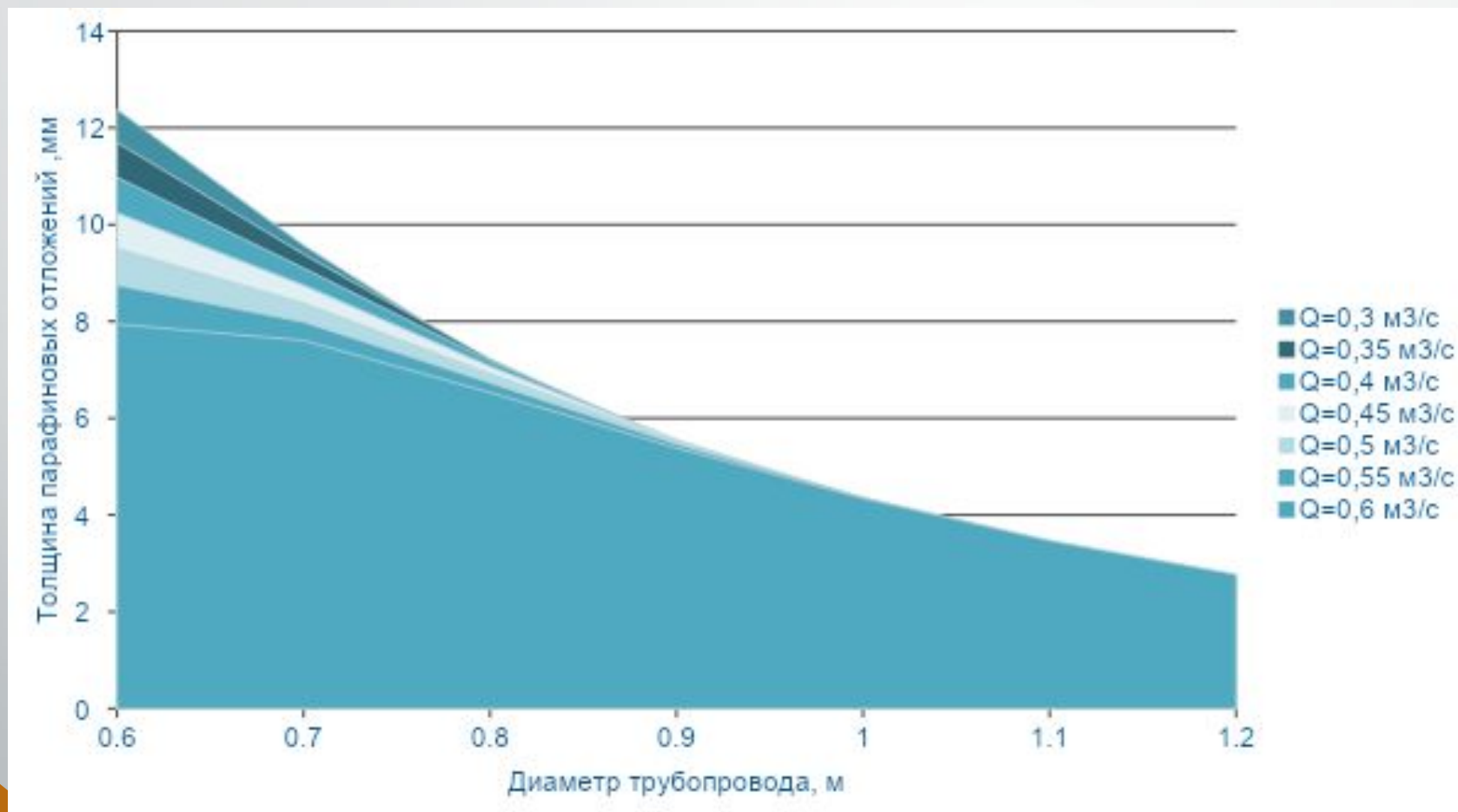
Влияние диаметра трубопровода на толщину парафиновых отложений при различных значениях разности температур нагрева нефти и окружающей среды



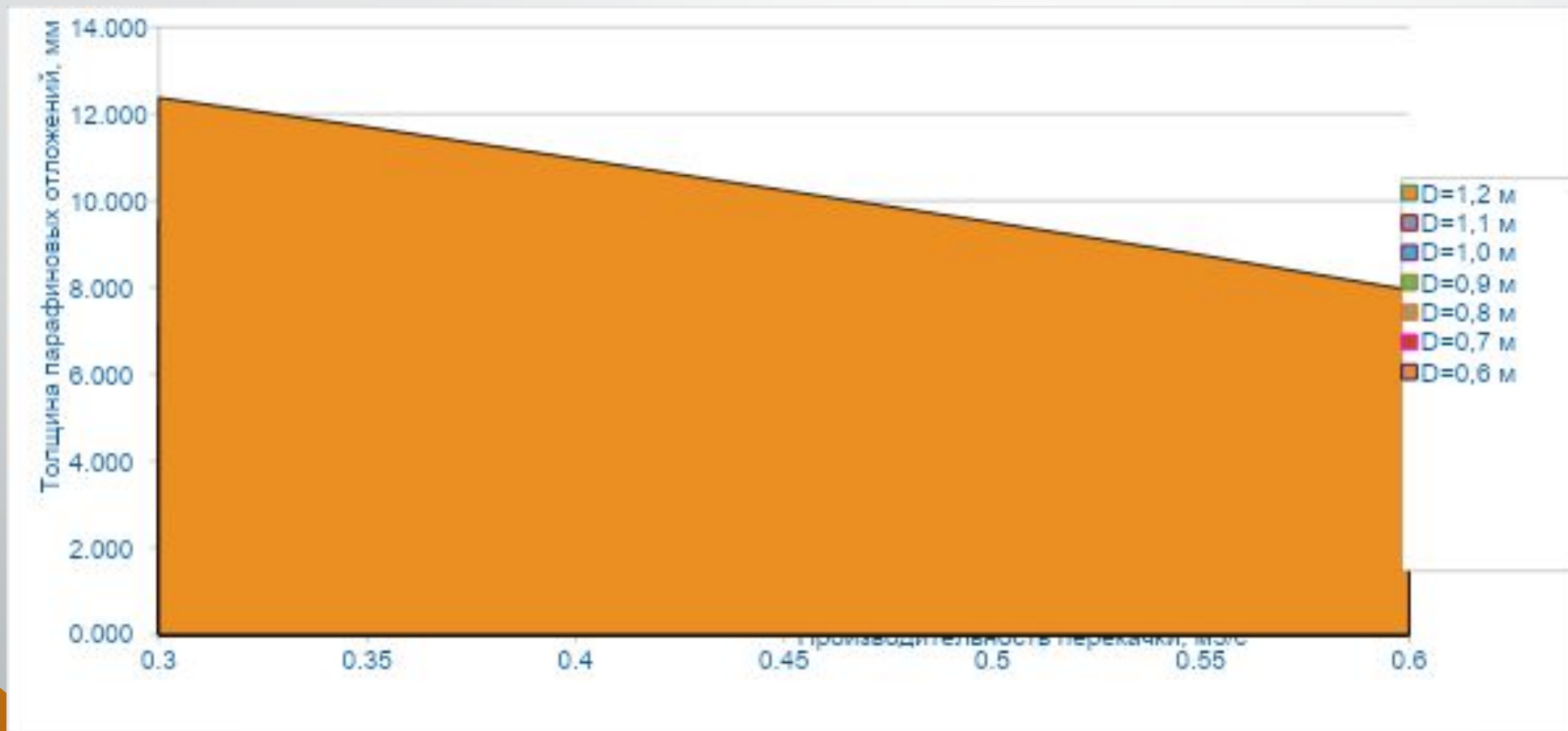
Влияние разности температур нагрева нефти и окружающей среды на толщину парафиновых отложений при различных значениях диаметра трубопровода



Влияние диаметра трубопровода на толщину парафиновых отложений при различных значениях производительности перекачки



Влияние диаметра трубопровода на толщину парафиновых отложений при различных значениях производительности перекачки



- Эффективность перекачки высокопарафинистой нефти зависит от толщины отложений на стенке трубопровода, состав отложений зависит от состава нефти;
- Увеличению толщины отложений способствует увеличение содержания парафинов в нефти, разность температур нагрева нефти и окружающей среды, шероховатость внутренней стенки трубопровода;
- Уменьшению толщины отложений способствует увеличение диаметра трубопровода и коэффициента теплопередачи;
- Увеличение производительности перекачки уменьшает толщину отложений в трубопроводах малых диаметров и увеличивает в трубопроводах больших диаметров;
- Все перечисленные факторы влияют на толщину отложений совместно и могут ослаблять или усиливать действия друг друга.

Заключение

Долговечность и экономичность эксплуатации всех деталей трубопровода и напрямую зависит от состояния его внутренней поверхности. Профилактика парафиновых отложений на стенках трубопровода и его очистка должны производиться своевременно. Очистка трубопровода от внутренних отложений также необходима для подготовки участка нефтепровода к внутритрубной инспекции и испытаниям.

Литература

- Зайцев Л.А. Регулирование режимов работы магистральных трубопроводов. – М. : Недра, 1982. – 240 с.
- Использование внутритрубных снарядов на трубопроводах // Трубопроводный транспорт нефти. – 1996. – №12. – С. 14-18.
- [HTTP://WWW.12821-80.RU/TECH/100-ОЧИСТКА_NEFTEPROVODOV](http://www.12821-80.ru/TECH/100-ОЧИСТКА_NEFTEPROVODOV)