

ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ПЕЛЬТЬЕ

Бирих Р.А., Павлова П.Л.,

Научный руководитель- доц. Колосов В.В.

Сибирский Федеральный Университет

Эффект Пельтье — термоэлектрическое явление, при котором происходит выделение или поглощение тепла при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников. Величина выделяемого тепла и его знак зависят от вида контактирующих веществ, направления и силы протекающего электрического тока:

$$Q = PI,$$

где Q — количество выделенного или поглощённого тепла;

I — сила тока;

P — коэффициент Пельтье, который связан с коэффициентом термо-ЭДС α соотношением Томсона $P = \alpha T$, где T — абсолютная температура в К.

Эффект открыт Ж. Пельтье в 1834 году, суть явления исследовал несколькими годами позже — в 1838 году Ленц, который провёл эксперимент, в котором он поместил каплю воды в углубление на стыке двух стержней из висмута и сурьмы. При пропускании электрического тока в одном направлении капля превращалась в лёд, при смене направления тока — лёд таял, что позволило установить, что в зависимости от направления протекающего в эксперименте тока, помимо джоулева тепла выделяется или поглощается дополнительное тепло, которое получило название тепла Пельтье. Эффект Пельтье «обратен» эффекту Зеебека.

Причина возникновения явления Пельтье заключается в следующем. На контакте двух веществ имеется контактная разность потенциалов, которая создаёт внутреннее контактное поле. Если через контакт протекает электрический ток, то это поле будет либо способствовать прохождению тока, либо препятствовать. Если ток идёт против контактного поля, то внешний источник должен затратить дополнительную энергию, которая выделяется в контакте, что приведёт к его нагреву. Если же ток идёт по направлению контактного поля, то он может поддерживаться этим полем, которое и совершает работу по перемещению зарядов. Необходимая для этого энергия отбирается у вещества, что приводит к охлаждению его в месте контакта.

Эффект Пельтье более заметен у полупроводников. В качестве полупроводниковых материалов в настоящее время наиболее распространены

соединения на основе теллура; среди них наибольший интерес представляют Bi_2Te_3 и PbTe .

На основе эффекта Пельтье можно создать термостабилизатор, который мог бы поддерживать температуру на постоянном значении, т.е. осуществить стационарный режим работы.

В качестве примера рассмотрена нефтяная скважина, состоящая из эксплуатационной и промежуточной колонн, установленных в многолетнемерзлой породе. В кольцевом пространстве имеется термоизолирующий материал и трубка-контейнер с хладагентом.

В данном примере использование термостабилизатора имеет практическую значимость, в том случае если нефть, залегающая в глубоких горизонтах, имеет высокую температуру и при протекании через эксплуатационную колонну приводит к растапливанию вечномерзлых массивов из-за недостаточно эффективной изоляции и циркуляции хладагента в трубке - контейнера.

При применении трубки- контейнера совместно с изоляцией температурный график имеет вид (рисунок 1):

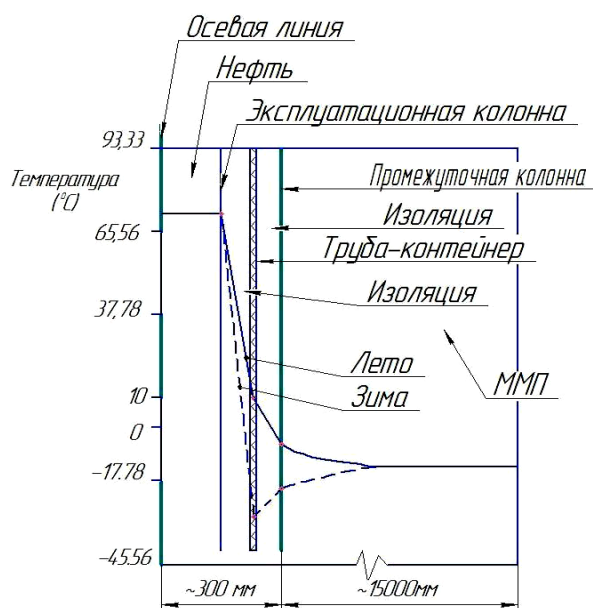


Рисунок 1- Температурный график при применении трубки- контейнера совместно с термоизоляцией

Из графика (рисунок 1) видно, что при эксплуатации скважины летом положительная температура ($T > 0$) при перемещении трубки- контейнера к стенке промежуточной колонны выйдет за наружную поверхность (рисунок 2), что приведет к потере устойчивости скважины в следствии протаивания ММП. В зимнее время года

отрицательная температура опустите ниже, вследствие увеличения расстояния между изоляцией и эксплуатационной колонной.

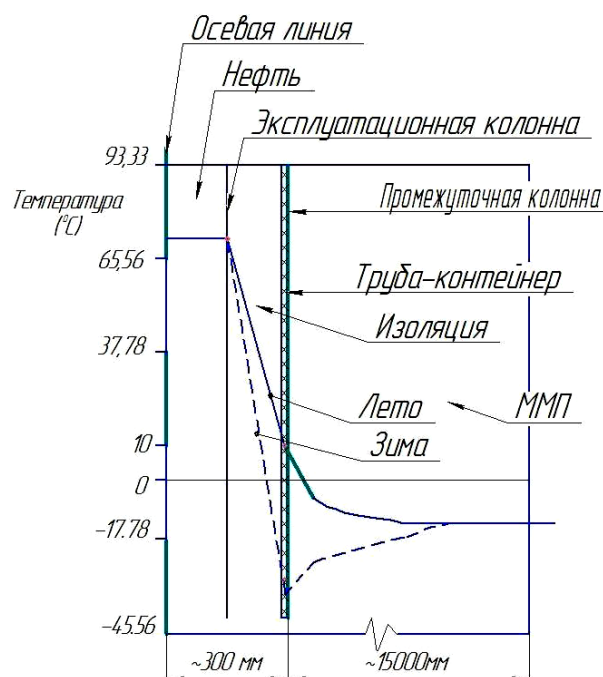


Рисунок 2- Температурный график при перемещении трубки-контейнера к стенке промежуточной колонны

Снижение температуры в зимнее время является положительным эффектом, а повышение температуры в летнее время - нежелательным. Чтобы устранить повышение температуры, предлагаем установить термоэлектрический модуль Пельтье, который может работать как термостабилизатор.

При установке данного модуля в результате эффекта Пельтье температурный график летнего периода будет иметь отрицательное значение с наружной стороны колонны, а с внутренней – положительное. И температура наружной поверхности промежуточной колонны будет иметь наиболее низкое значение, чем температура ММП (рисунок 3).

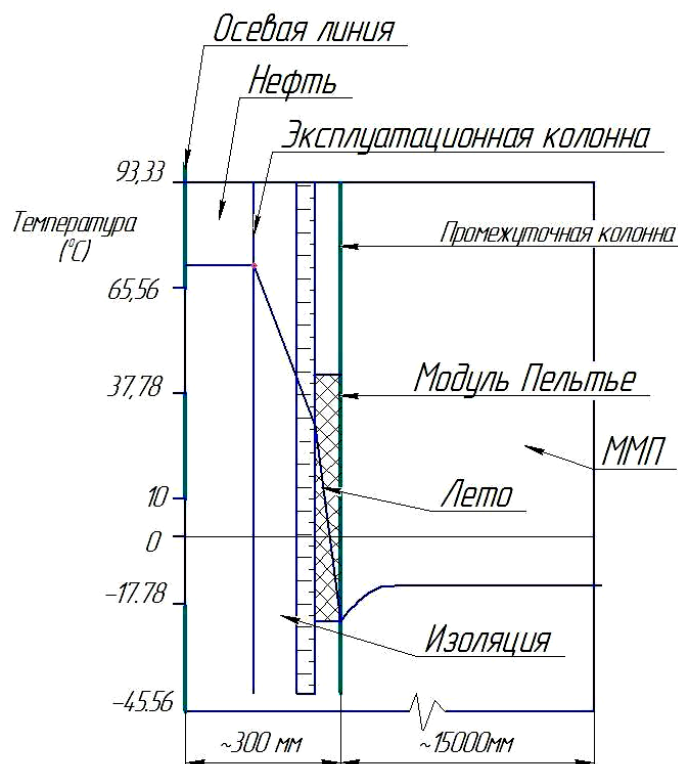


Рисунок 3- Температурный график при установке модуля Пельтье

Запишем уравнение холодильного коэффициента данной системы:

где $Q_{\text{отвод}}$ – теплота, отводимая путем теплопроводности;

$Q_{\text{джоулева}}$ – джоулева теплота;

$Q_{\text{ММП}}$ – теплота, отбираемая со стороны ММП;

N – требуемая мощность модуля Пельтье.

Из данного уравнения видно, что если уменьшить значение требуемой мощности модуля Пельтье, то можно повысить холодильный коэффициент. Но изменение мощности приведет к уменьшению отбираемой теплоты со стороны ММП. Это указывает на то, что варьируя требуемой мощностью модуля Пельтье, можно добиться того, что теплота, отбираемая со стороны ММП, будет равна нулю. И наружная температура на поверхности промежуточной колонны уравнивается с температурой ММП (рисунок 4).

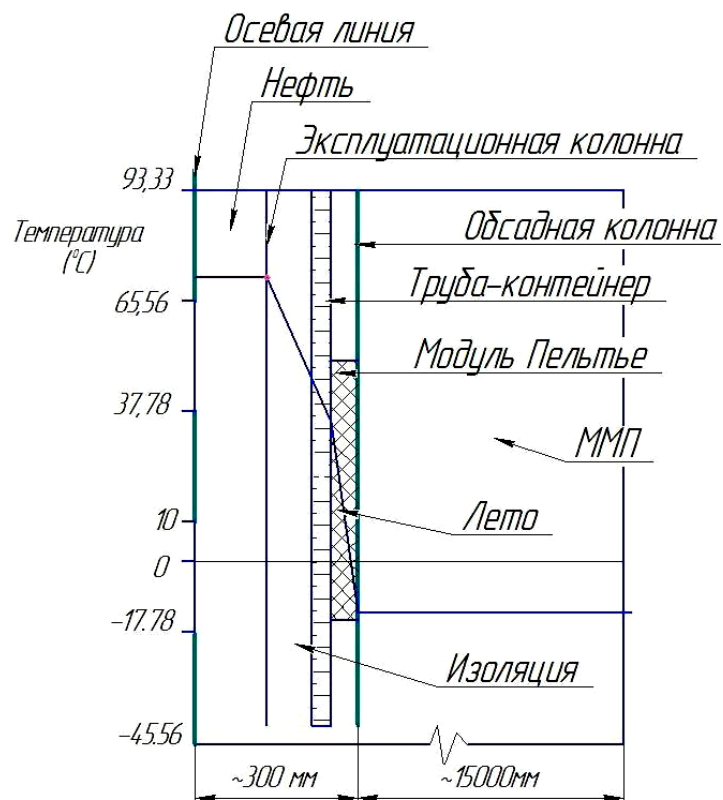


Рисунок 4 – Температурный график, когда теплота, отбираемая со стороны ММП равна нулю

В таком случае модуль Пельтье будет работать как термостабилизатор, который поддерживает температуру на определенном значении. Отвод тепла с другой горячей стороны термостабилизатора осуществляется трубкой- контейнером с хладагентом.