

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАБОЧИХ ТЕЛ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА

Щемелев А.П., Голубева Н.В., Самуйлов В.С., Поддубский О.Г.
Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
г. Могилев, Республика Беларусь

Сокращение потребления невозобновляемых первичных энергоресурсов – одна из главных тенденций развития современной экономики. Паросиловые установки, реализующие органический цикл Ренкина (ОЦР) являются одними из наиболее эффективных средств использования низкопотенциальных вторичных тепловых и возобновляемых энергоресурсов.

В качестве рабочих тел для ОЦР рассматриваются различные вещества. К ним относятся углеводороды, в том числе ароматические углеводороды, эфиры, частично или полностью замещённые фторуглеводороды, спирты, силоксаны и др.

Однако очень важными факторами для выбора перспективных рабочих тел в настоящее время являются озоноразрушающий потенциал и потенциал глобального потепления, а также их опасность (токсичность и воспламеняемость).

В настоящее время вещества с ненулевым потенциалом озоноразрушения запрещены. Имеется тенденция к запрету веществ, обладающих потенциалом глобального потепления, особенно с высоким потенциалом глобального потепления (2500 и выше). Существуют также проблемы с применением токсичных веществ. Запрещенные к применению вещества не могут рассматриваться в качестве перспективных рабочих тел.

В связи с этим нами был сделан литературный обзор веществ, которые в настоящее время рассматриваются в качестве возможных однокомпонентных рабочих тел для реализации ОЦР. Перечень этих веществ представлен в таблице 1. Там же указаны значения озоноразрушающего потенциала (ОРП) и потенциала глобального потепления (ПГП), а также группа безопасности хладагента (ГБХ).

Таблица 1. – Перечень рабочих тел для ОЦР

№	Вещество	ОРП	ПГП	ГБХ	№	Вещество	ОРП	ПГП	ГБХ	№	Вещество	ОРП	ПГП	ГБХ
1	Novac 649	0	1	A1	13	R600	0	4	A3	25	R124	0,022	609	A1
2	Novac7000	0	370	A1	14	R601	0	4	A3	26	R21	0,04	151	B1
3	Novac7100	0	320	A1	15	R152a	0	124	A2	27	R22	0,05	1810	A1
4	Novac 7200	0	55	A1	16	R32	0	675	A2L	28	R134a	0,055	1430	A1
5	Novac7300	0	200	A1	17	Бензол	0	0	B2	29	R141b	0,12	725	A2
6	Novac7500	0	90	A1	18	R717	0	0	B2L	30	R142b	0,12	2310	A2
7	Novac7600	0	700	A1	19	R245fa	0	1030	B1	31	R115	0,44	7370	A1
8	R245ca	0	693	A1	20	R422d	0	2729	A1	32	R11	1	4750	A1
9	R236ea	0	1370	A1	21	R422a	0	3143	A1	33	R113	1	6130	A1
10	Циклогексан	0	0	A3	22	R143a	0	4470	A2L	34	R114	1	10000	A1
11	Толуол	0	0	A3	23	R236fa	0	9810	A1	35	R12	1	10900	A1
12	R290	0	3,3	A3	24	R123	0,02	77	B1					

Из таблицы 1 видно, что среди однокомпонентных хладагентов, имеющих обозначение «R» только два имеют одновременно нулевой ОРП, ПГП менее 2500 и

группу безопасности A1, то есть негорючие и нетоксичные (это R245ca, R236ea). Все остальные рабочие тела, приведенные в таблице ниже этих веществ, либо токсичны, либо горючи, либо имеют высокий ППП или ненулевой ОРП.

В связи с этим особое внимание привлекают относительно недавно введенные в оборот, так называемые «инженерные жидкости» компании 3М с торговой маркой Noves.

Эти вещества в настоящее время позиционируются на рынке, в основном, как растворители и теплоносители, в том числе для чистки полупроводниковых изделий и электронных плат, а также для охлаждения радиоэлектронного оборудования. Видимо поэтому теплофизические свойства инженерных жидкостей Noves, особенно в паровой фазе и при давлениях отличных от атмосферного слабо изучены.

В тоже время значения критической температуры, температуры нормального кипения и других термодинамических свойств указывают на потенциальную возможность применения веществ Noves 7000, 7100, 7200, 7300, 7500 в качестве рабочих тел ОЦР. Однако применимость, а также достоинства и недостатки веществ представленных в таблице 2 как потенциальных рабочих тел для ОЦР, конечно требуют дальнейшего изучения.

На данный момент в литературе имеются в основном исследования плотности Noves 7000, 7100, 7200, 7300, 7500 в жидком состоянии в достаточно широких диапазонах температур и давлений. Результаты исследований плотности в жидкой фазе для этих веществ довольно хорошо согласуются между собой – в основном в пределах 0,3%. Нам удалось найти только одно экспериментальное исследование плотности в паровой фазе для Noves 7100 в диапазоне температур 90–158 °С при давлениях 0,18–0,9 МПа.

Полностью отсутствуют экспериментальные исследования скорости звука для вышеупомянутых жидкостей.

Довольно в широких диапазонах температур и давлений изучена вязкость вышеупомянутых веществ марки Noves в жидкой фазе.

В меньшей степени экспериментально исследована теплопроводность жидкостей Noves. Например, для Noves 7000 и 7300 экспериментальные исследования теплопроводности нами в литературе обнаружены не были.

Изобарная теплоемкость вышеперечисленных веществ исследована только в жидкой фазе, в основном при атмосферном давлении.

Для Noves 7000 производитель дает уравнение, описывающее зависимость давления насыщения от температуры в диапазоне температур от –30 °С до критической температуры. Точность этого уравнения производителем не указана, однако, учитывая, что это уравнение Антуана, точность этого уравнения в около критической области должна быть не высокой. Для остальных веществ (Noves 7000, 7100, 7200, 7300, 7500) производитель указывает только нормальную температуру кипения.

Кроме того, для всех веществ производитель указывает значения критических температур и давлений насыщения при комнатной температуре.

Таким образом, имеющихся данных о теплофизических свойствах вышеупомянутых жидкостей Noves пока недостаточно для полноценного расчета и моделирования ОЦР и оценки эффективности использования этих веществ в качестве рабочих тел ОЦР. В частности, до настоящего времени непонятно какой наклон имеет правая (верхняя) пограничная кривая, что является достаточно важным параметром для выбора рабочих тел ОЦР. В связи с этим нами планируются дальнейшие экспериментальные и расчетные исследования вышеупомянутых веществ.