



Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э.
Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Домашнее задание №_1_
по курсу
«Сжижение природного газа»

Вариант 7
Группа: Э4-111

Выполнил студент:

Жалялетдинов Р.Х.

Проверил:

Кротов А.С.

Москва 2020 г.

Начальные условия задания и выбор смесового ХА:

Цель работы: оптимизировать состав смесового хладагента с учётом ограничения для снижения потребляемой мощности компрессора. Составить исходные данные для проектирования компонентов цикла (компрессор, АВО, теплообменник, испаритель).

Варианты домашнего задания

№ варианта	Недорекуперация в ТОА, К	Температура термостатирования/ожижения, °С	Тип хладагента	Температура после АВО, °С
1	1	Минус 100	Горючий	0
2	2	Минус 100	Негорючий	35
3	3	Минус 90	Горючий	10
4	4	Минус 90	Негорючий	35
5	5	Минус 80	Горючий	20
6	6	Минус 80	Негорючий	35
7	7	Минус 70	Горючий	30

Т.к. по условию смесовой ХА – горючий, то была выбрана смесь из метана С1, этана С2 и пропана С3.

Ограничения будут учтены при оптимизации.

Ограничения:

Недорекуперация в ТОА;

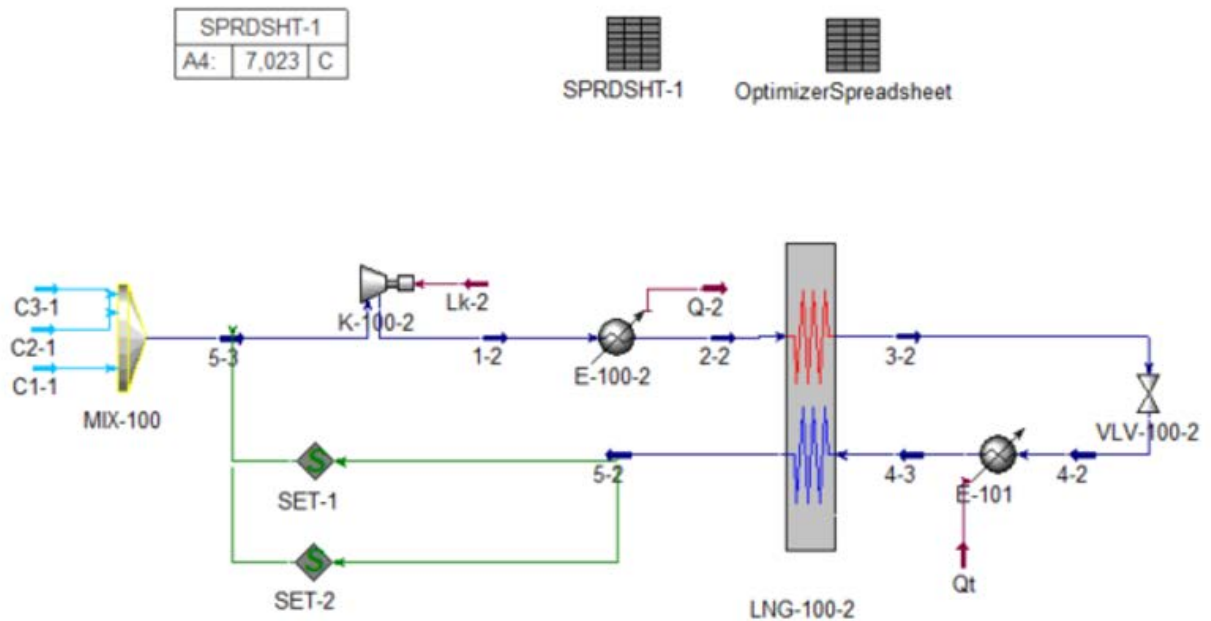
Давление всасывания не менее 120 кПа;

Температура нагнетания не более 120°С;

Отсутствие жидкости на входе в компрессор.

Расчет и оптимизация для цикла термостатирования:

1. Технологическая схема цикла:



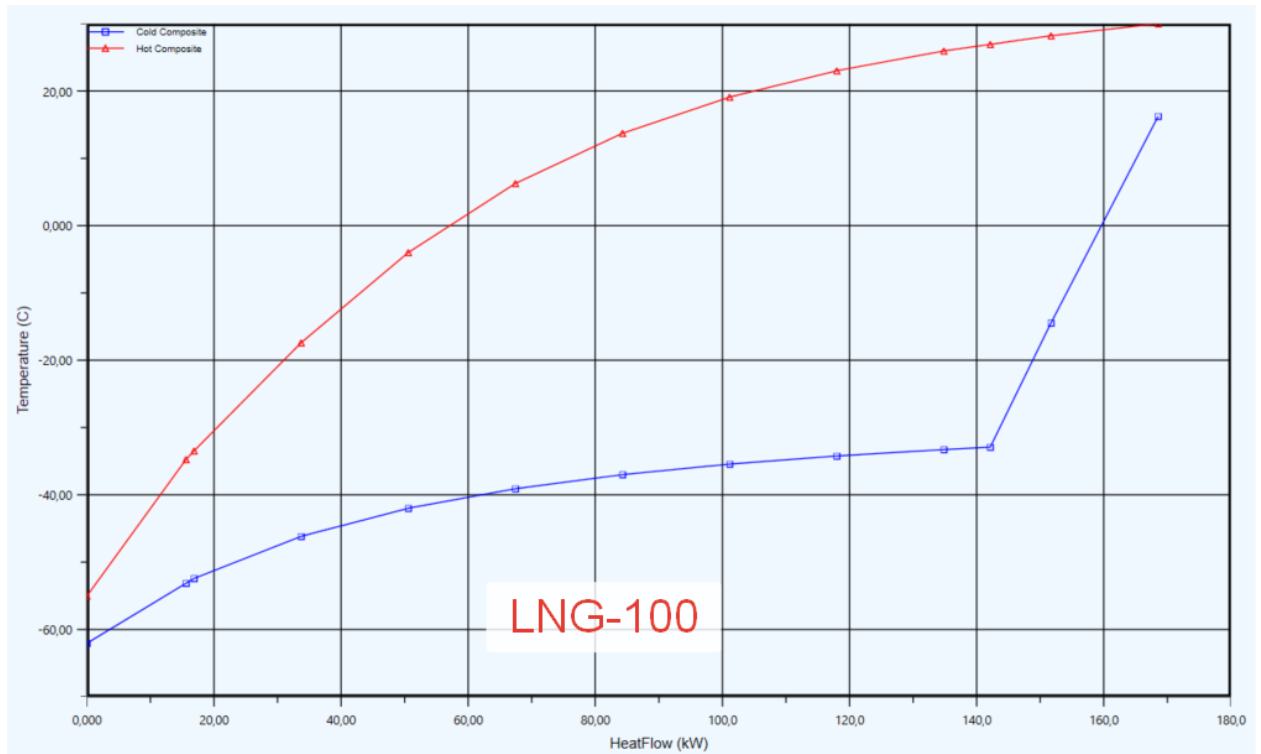
2. Таблица параметров основных точек:

Energy Streams				
		Lk-2	Q-2	Qt
Heat Flow	kW	59,39	69,39	10,00

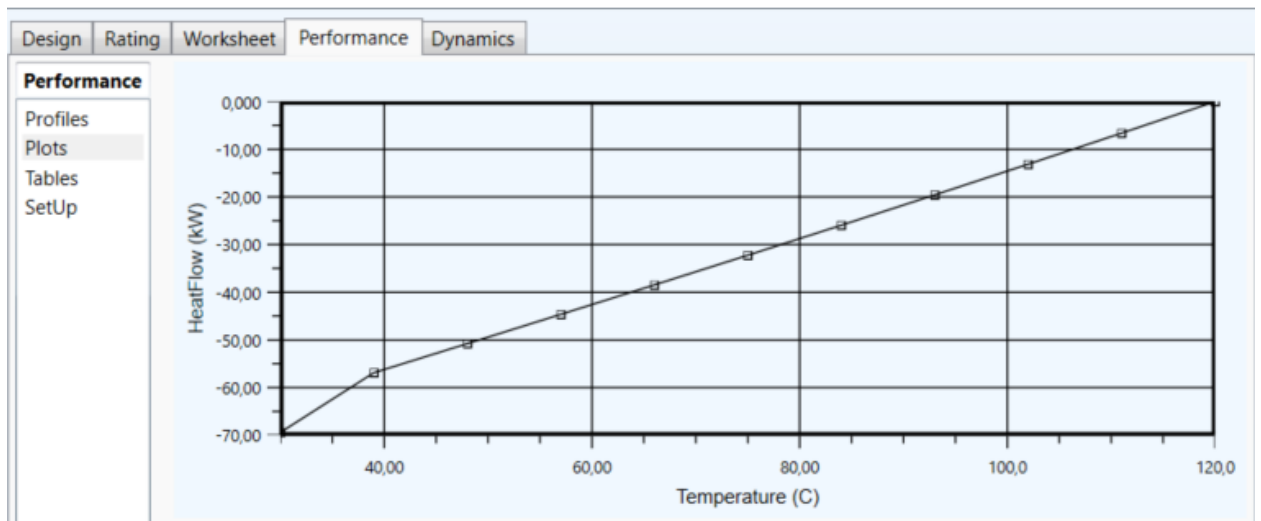
Material Streams											
		1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	5-3	C2-1	C3-1	4-3	C1-1
Vapour Fraction		1,0000	0,9439	0,0000	0,1470	1,0000	1,0000	<empty>	<empty>	0,1830	<empty>
Temperature	C	120,0	30,00	-55,03	-70,00	16,24	16,24	<empty>	<empty>	-62,05	<empty>
Pressure	bar	15,00	15,00	15,00	1,999	1,999	1,999	<empty>	<empty>	1,999	<empty>
Molar Flow	Nm3/h(gas)	691,6	691,6	691,6	691,6	691,6	691,6	95,57	507,6	691,6	88,46
Mass Flow	kg/h	1190	1190	1190	1190	1190	1190	128,2	998,6	1190	63,32
Liquid Volume Flow	m3/h	2,543	2,543	2,543	2,543	2,543	2,543	0,3605	1,971	2,543	0,2115
Heat Flow	kW	-783,2	-852,6	-1021	-1021	-842,6	-842,6	<empty>	<empty>	-1011	<empty>

Compositions										
	1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	5-3	C2-1	C3-1	4-3	C1-1
Comp Mole Frac (Ethane)	0,1382	0,1382	0,1382	0,1382	0,1382	0,1382	1,0000	0,0000	0,1382	0,0000
Comp Mole Frac (Propane)	0,7339	0,7339	0,7339	0,7339	0,7339	0,7339	0,0000	1,0000	0,7339	0,0000
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Methane)	0,1279	0,1279	0,1279	0,1279	0,1279	0,1279	0,0000	0,0000	0,1279	1,0000

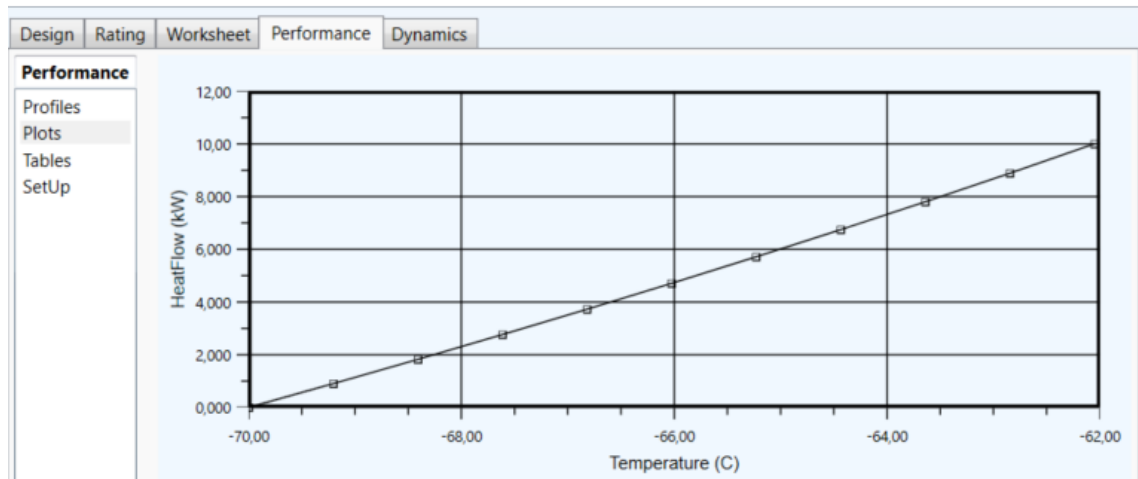
3. Q-T диаграммы теплообменных аппаратов:



Cooler: E-100-2



Heater: E-101



4. Параметры и условия расчета в оптимизаторе:

A	B	C	D
Temps	Pressure	Phase(Comp)	Flow(C1, C2, C3)
-55,03 C	1,999 bar	1,0000	63,32 kg/h
-62,05 C	15,00 bar	1,0000	128,2 kg/h
7,023 C	1,200	59,39 kW	998,6 kg/h
7,000		1,000	
120,0 C		1,000	
120,0			

Constraint Functions							
Nur	LHS Cell	Current Value	Co	RHS Cell	Current Value	Penalty Value	
1	A5	7,0231	=	A6	7,0000	1,0000	
2	C3	1,0000	=	C6	1,0000	1,0000	
3	C4	1,0000	=	C7	1,0000	1,0000	
4	B3	1,9992	>	B5	1,2000	1,0000	
5	D3	63,315	>		<empty>	1,0000	
6	D4	128,22	>		<empty>	1,0000	
7	D5	998,63	>		<empty>	1,0000	
8	A7	119,98	=	A8	120,00	1,0000	

Adjusted (Primary) Variables						
Object	Variable Description	Low Bound	Current Value	High Bound	Reset Value	Enabled
OptimizerSpreads	D3: Mass Flow	1,000	63,32	1000	569,5	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	D4: Mass Flow	1,000	128,2	1000	395,7	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	D5: Mass Flow	1,000	998,6	1000	120,8	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	B3: Phase - Pressure (Overall)	1,200	1,999	2,000	3,909	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	B4: Phase - Pressure (Overall)	15,00	15,00	30,00	30,00	<input checked="" type="checkbox"/>

В итоге получилась смесь со следующими концентрациями
компонентов:

Material Stream: 5-3		
Dynamics		
	Mole Fractions	Vapour Phase
Ethane	0,1382	0,1382
Propane	0,7339	0,7339
i-Butane	0,0000	0,0000
Methane	0,1279	0,1279

Расчет и оптимизация для цикла ожижения:

Параметры цикла ожижения:

Ожижаемый газ – 50% этана, 50% пропана;

Доля пара на выходе из ожижителя – 0;

Расход – 1000 кг/ч;

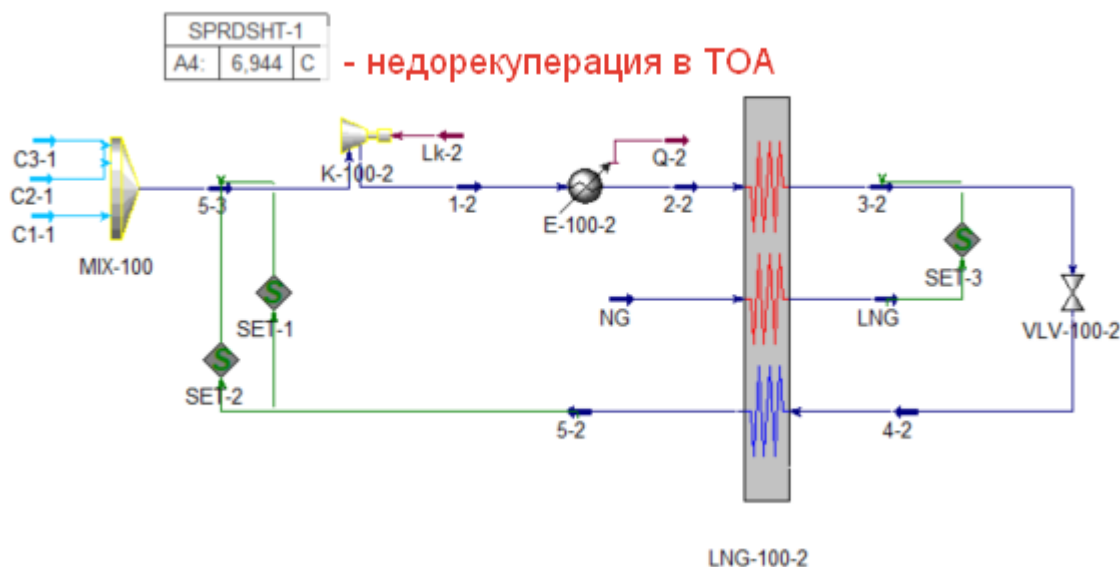
Температура ожижаемого потока на выходе – согласно таблице;

Температура ожижаемого потока на входе – температура после АВО;

Потери давления в теплообменниках отсутствуют;

Изоэнтروпный КПД компрессора – 0,75.

1. Технологическая схема цикла:



2. Таблица параметров основных точек:

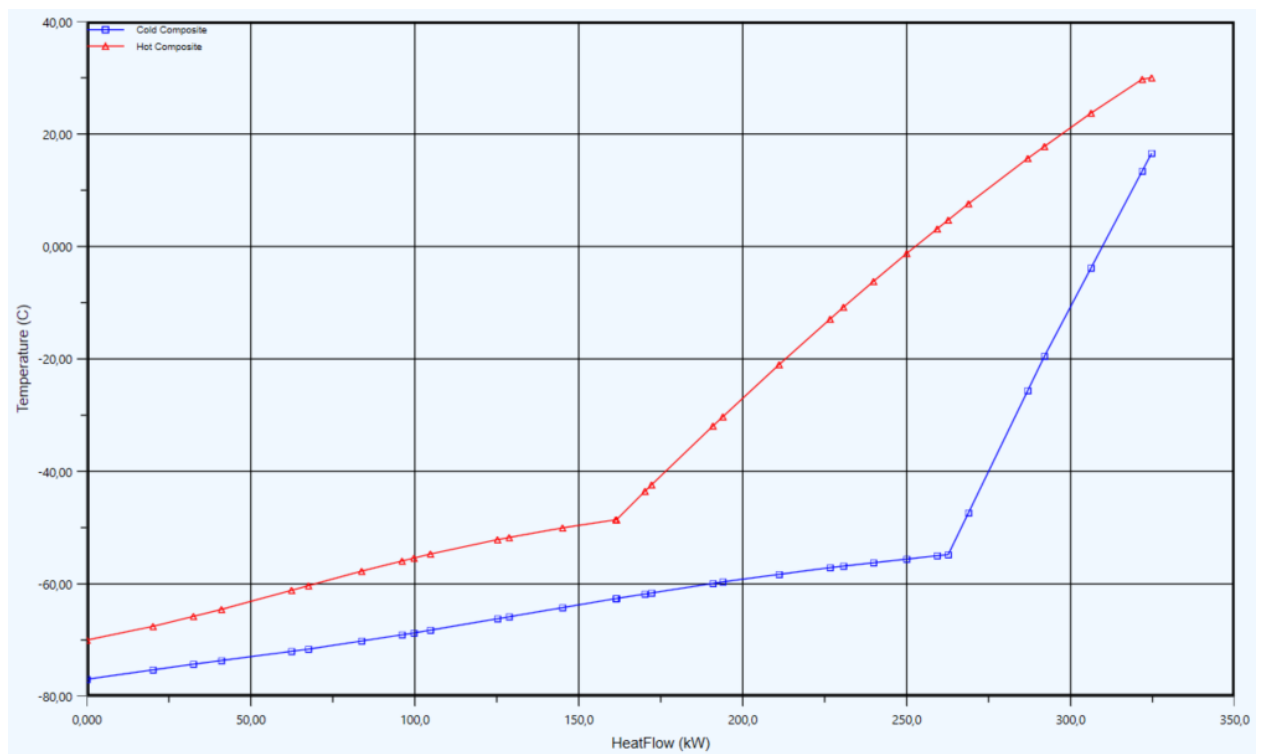
Material Streams												
		1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	5-3	C2-1	C3-1	C1-1	NG	LNG
Vapour Fraction		1,0000	0,0182	0,0000	0,0456	1,0000	1,0000	<empty>	<empty>	<empty>	1,0000	0,0000
Temperature	C	195,7	30,00	-70,00	-76,96	16,59	16,59	<empty>	<empty>	<empty>	30,00	-70,00
Pressure	bar	29,48	29,48	29,48	1,200	1,200	1,200	<empty>	<empty>	<empty>	1,358	1,358
Molar Flow	Nm3/h(gas)	1251	1251	1251	1251	1251	1251	740,1	504,6	5,974	604,4	604,4
Mass Flow	kg/h	1990	1990	1990	1990	1990	1990	993,0	992,8	4,276	1000	1000
Liquid Volume Flow	m3/h	4,765	4,765	4,765	4,765	4,765	4,765	2,792	1,959	1,428e-002	2,313	2,313
Heat Flow	kW	-1254	-1611	-1767	-1767	-1442	-1442	<empty>	<empty>	<empty>	-704,9	-874,3

Compositions											
	1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	5-3	C2-1	C3-1	C1-1	NG	LNG
Comp Mole Frac (Ethane)	0,5918	0,5918	0,5918	0,5918	0,5918	0,5918	1,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000
Comp Mole Frac (Propane)	0,4035	0,4035	0,4035	0,4035	0,4035	0,4035	0,0000	1,0000	0,0000	0,5000	0,5000
Comp Mole Frac (i-Butane)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Comp Mole Frac (Methane)	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0048	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000

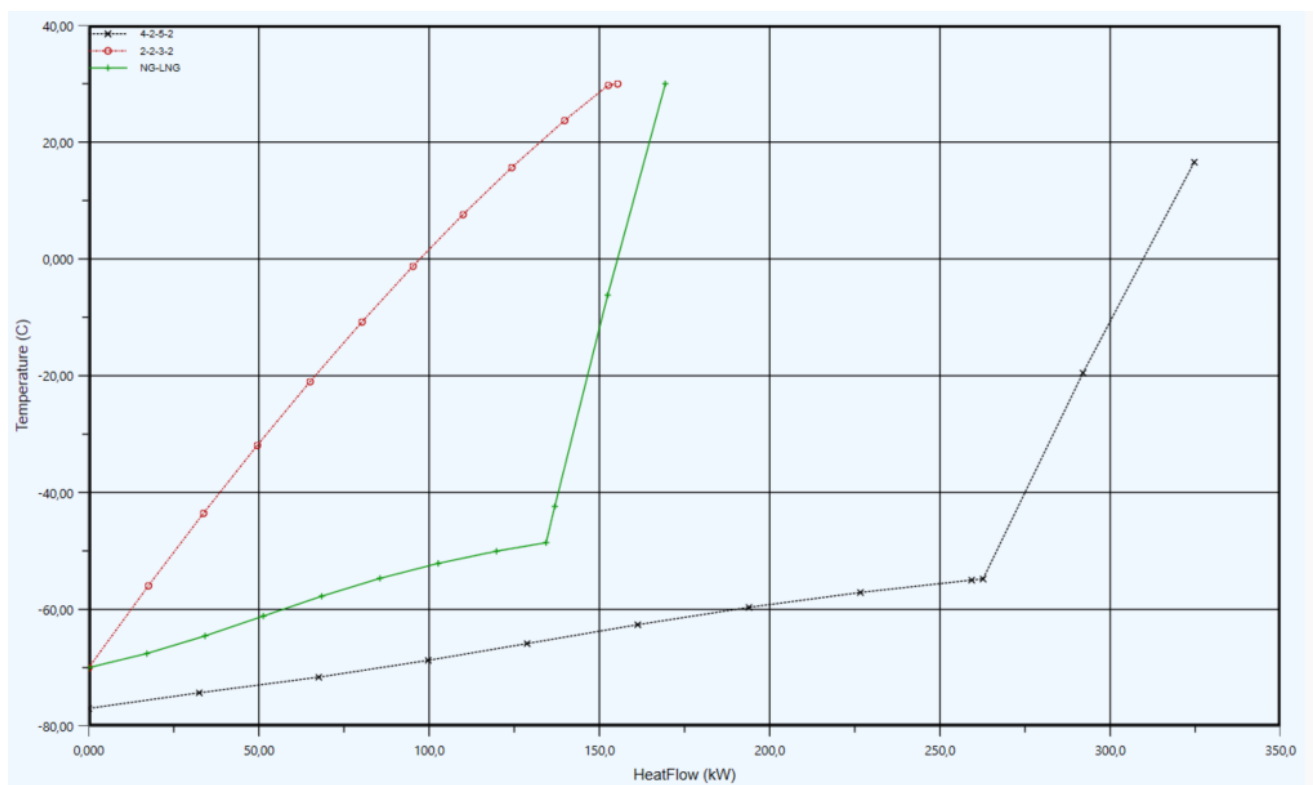
Energy Streams		
Heat Flow	kW	
	Lk-2	Q-2
	187,9	357,2

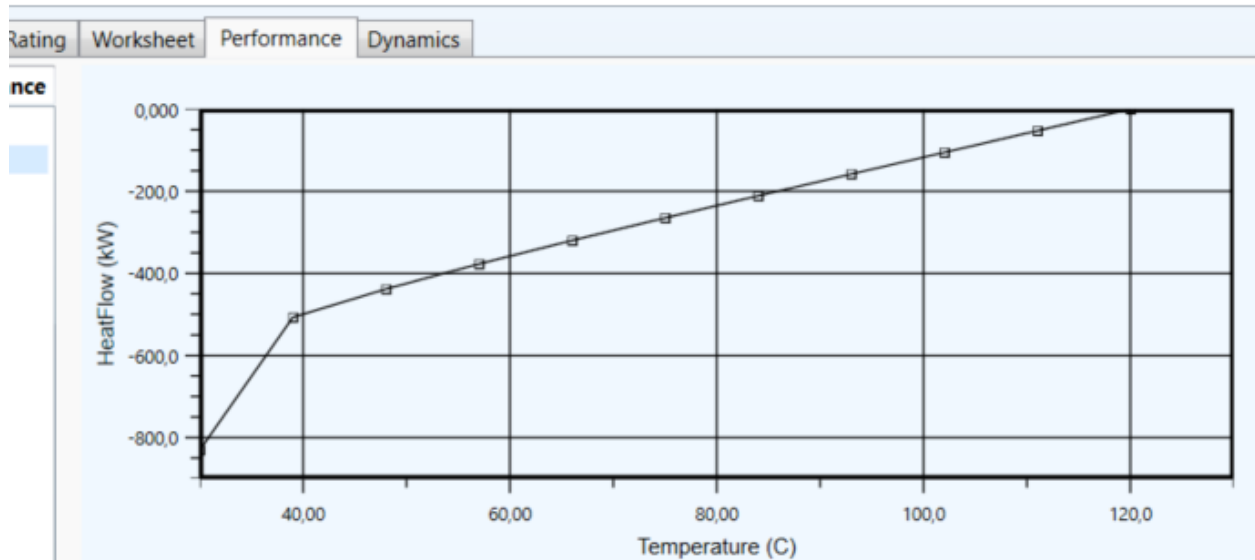
3. Q-T диаграммы теплообменных аппаратов:

Для холодного и горячего потоков (горячий – аддитивный тепловой поток из прямого и продукционного потоков):



Для всех трех потоков:





4. Параметры и условия расчета в оптимизаторе:

Spreadsheet: OptimizerSpreadsheet

Connections Parameters Formulas Spreadsheet Calculation Order User Variables Notes

Current Cell: A1 Variable: Exportable ☐ Angles in:

	A	B	C	D
1				
2	Temps	Pressure	Phase(Comp)	Flow(C1, C2, C3)
3	-70,00 C	1,200 bar	1,0000	4,276 kg/h
4	-76,96 C	29,48 bar	1,0000	993,0 kg/h
5	6,961 C	1,200	187,9 kW	992,8 kg/h
6	7,000		1,000	
7	195,7 C		1,000	
8	120,0			

Optimizer

Configuration Variables Functions Parameters Monitor

Adjusted (Primary) Variables

Object	Variable Description	Low Bound	Current Value	High Bound	Reset Value	Enabled
OptimizerSpreads	D3: Mass Flow	1,000	4,276	1000	1,116	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	D4: Mass Flow	1,000	993,0	1000	996,7	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	D5: Mass Flow	1,000	992,8	1000	996,0	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	B3: Phase - Pressure (Overall)	1,200	1,200	2,000	1,200	<input checked="" type="checkbox"/>
OptimizerSpreads	B4: Phase - Pressure (Overall)	10,00	29,48	40,00	29,48	<input checked="" type="checkbox"/>

Optimizer

Configuration	Variables	Functions	Parameters	Monitor
Cell	B3	<input checked="" type="radio"/> Minimize		
Current Value	1,20000000	<input type="radio"/> Maximize		

Constraint Functions						
Nu	LHS Cell	Current Value	Co	RHS Cell	Current Value	Penalty Value
1	A5	6,9613	<	A6	7,0000	1,0000
2	C3	1,0000	=	C6	1,0000	1,0000
3	C4	1,0000	=	C7	1,0000	1,0000
4	D3	4,2760	>		<empty>	1,0000
5	D4	992,95	>		<empty>	1,0000
6	D5	992,79	>		<empty>	1,0000
7	A7	195,71	=	A8	120,00	1,0000
8	B4	29,480	>		<empty>	1,0000
9	B3	1,2000	>	B5	1,2000	1,0000

В итоге получилась смесь со следующими концентрациями компонентов:

	Mole Fractions
Ethane	0,5918
Propane	0,4035
i-Butane	0,0000
Methane	0,0048