

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THERMAL INSULATION OF A FITTING IN A STEAM-CONDENSATE FACILITY¹⁸

Senior Assistant Professor Ivan Denev, PhD

Dept. Mechanics Mechanical Engineering and Heat Engineering, Sliven, Bulgaria,

Technical University of Sofia

Phone: 087 938 4553

E-mail: ivan_denev.eng@abv.bg

Abstract: In view of the continuous increase in the prices of the main energy resources, as well as the policy of the European Union to reduce carbon dioxide emissions generated by production facilities, methods for increasing energy efficiency are constantly being sought. In the present article, the saving of thermal energy, during the thermal insulation of fittings from the steam condensate farm of an industrial enterprise, is considered.

Keywords: Energy efficiency, thermal insulation, CO₂ emissions.

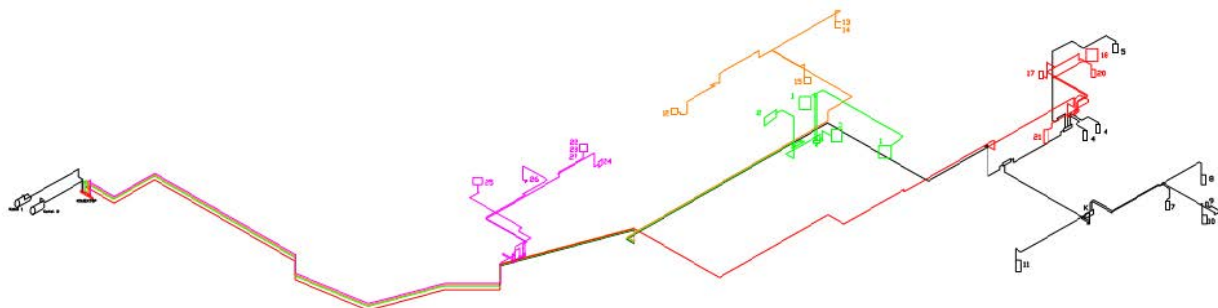
ВЪВЕДЕНИЕ

Един от основните аспекти при разглеждането на ефективността на промишлените предприятия е намаляването на енергийните разходи (Denev I., 2022). Основно перо от цялостните разходи при производство на пиво са именно енергийните. Самият технологичен процес при производство на пиво изисква използването на голямо количество суха наситена пара. Един примерен технологичен процес изглежда по следния начин.

- Приемане на суровината (ечемик) и съхраняването ѝ в силози, като там обикновено се подава през автоматичен кантар и редлери към последващ цех;
- В този цех се постига покълване на ечемика и получаване на малц;
- Следва транспортиране по шнекове към междинни силози и от там към цех в който се извършва варене;

- Варене се извършва във варилни съдове за получаване на пивна мъст;
- Добавяне на мая и ферментация в цех за ферментация;
- Филтриране и бутилиране на готовата продукция.

Тъй като производствения процес преминава през различни цехове за всяка една от операциите се изграждат паропроводи с относително голяма дължина. На фиг. 1 е показана примерна схема на разпределение на паропроводи в пивоварен завод.



Фиг. 1. Аксонометрична схема на разположението на паропроводите в пивоварен завод

¹⁸ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Топлотехника, хидравлика и пневматика“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ОЦЕНКА НА ЕФЕКТА ОТ ТОПЛИННОТО ИЗОЛИРАНЕ НА АРМАТУРА В ПАРО-КОНДЕНЗАТНО СТОПАНСТВО.

По този начин се обособяват няколко основни източника на топлинни загуби по топлопреносната мрежа (Koverdinsky V., 2020), (Porzuczek, J. 2024), (Wang, Y., Tu, Z., Yuan, L., 2020). Това са топлинни загуби в котелното отделение, топлинни загуби по паропроводите, както и топлинни загуби в арматурата.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Анализ на енергийните потоци в предприятие за производство на пиво

За да се намери възможност за намаляване на енергийните разходи е необходимо първо да се разгледа потреблението на енергия в даденото предприятие по енергоизточници (Kostov K., 2024). За целта се оформя диаграма, показваща процентното съотношение на различните енергоизточници. Такава е показана на фиг. 2.



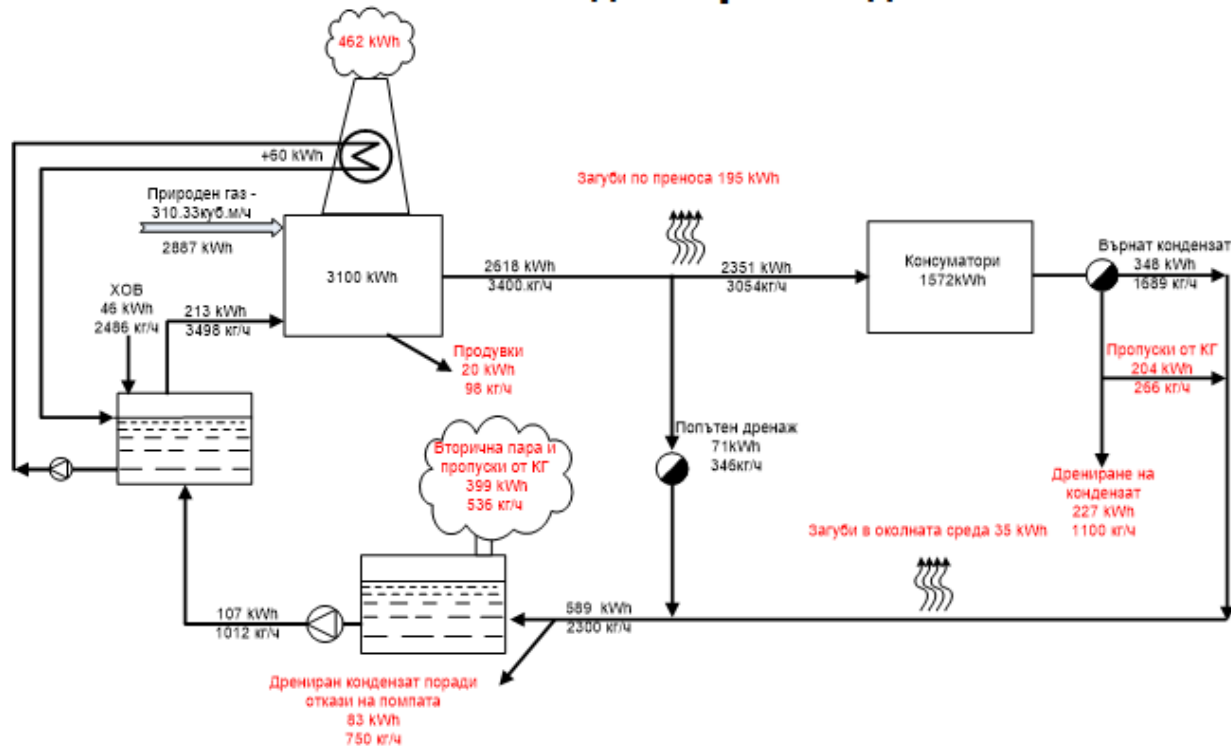
Фиг. 2 Процентно съотношение на потреблението на енергия

От направената съпоставка се вижда значително по-големия дял на природен газ като енергоресурс в сравнение с електрическата енергия. Това е предпоставка да се търсят мерки за намаляване на енергийните разходи именно в направление на консумиращите природен газ съоръжения. Тук играе важна роля и топлинния баланс на тези съоръжения и дефинирането на основните източници на топлинни загуби. За изготвянето на този баланс се вземат данни за разхода на природен газ в котелната централа, коефициента на полезно действие на котлите, налягането на парата, съответно температурата и енталпията ѝ, както и температурата и енталпията на водата. В разглежданото в случая предприятие изходните данни за оформянето на топлинен баланс са следните:

- налягане на парата - 8 бар (9 абс)
- температура на парата - 170°C
- енталпия на вода – 177 kcal
- скрита топлина на изпарение - 485 kcal
- енталпия на парата - 662 kcal
- КПД на котлите - 84%

А самият изготвен топлинен баланс е представен на фиг. 3.

Топлинен баланс на завод за производство на пиво



Фиг. 3. Топлинен баланс на завод за производство на пиво

Като получените резултати за прегледност са представени и в табличен вид в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1. Приходна част

Изразходено гориво годишно:	1 820 000	куб.м/год
Стойност на изразходваното гориво:	1 190 000	лева/год
Единична цена на горивото:	0,65	лева/куб.м
Средночасов разход на гориво	310,33	куб.м/ч
Стойност на изгореното гориво:	66,27	лв/MWh
Топлина от изгарянето на природен газ по отчетни данни:	2 482 667	ккал/ч
	2,89	MWh
Топлина от питателната вода:	39 263	ккал/ч
Топлина от утилизация на димните газове:	52 000	ккал/ч

ОБЩО ПРИХОД: 2 573 930 ккал/ч

Таблица 2. Разходна част

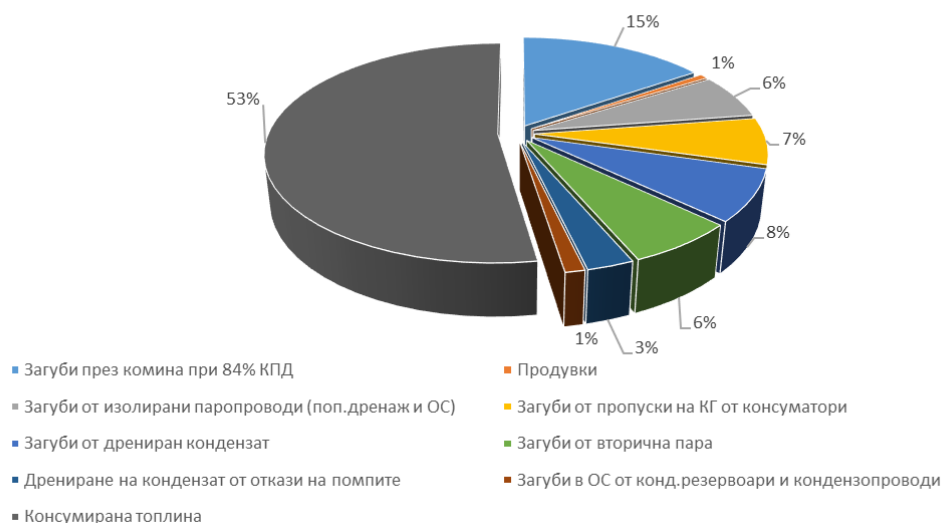
Разход	Брой раб. часове	Часова консум. енергия	Годишно
		ккал/ч	MWh
Загуби през комина при 84% КПД	6 000	397 227	2 771
Продувки	6 000	17 375	121
Загуби от изолирани паропроводи (поп.дренаж и ОС)	6 000	167 740	1 170
Загуби от пропуски на КГ от консуматори	6 000	175 793	1 226
Загуби от дрениран кондензат	6 000	195 030	1 361
Загуби от вторична пара	6 000	167 468	1 168
Дрениране на кондензат от откази на помпите	6 000	71 250	497

Загуби в ОС от конд.резервоари и кондензопроводи	6 000	29 943	209
Консумирана топлина	6 000	1 352 032	9 433
ОБЩО РАЗХОД		2 573 859	17 957
Необвързване:		71	0,52
% необвързване:		0,003%	0,003%

В годишен аспект се получа топлинна енергия от 17957 MWh под формата на пара, като разпределението и е следното:

- 9433 MWh се потребяват от консуматорите;
- 2771 MWh са топлинните загуби през комина;
- 121 MWh са загубите от продуквки;
- 1170 MWh са загуби от изолирани паропроводи (поп.дренаж и ОС);
- 1226 MWh са загуби на КГ от консуматори;
- 1361 MWh загуби от дрениран кондензат;
- 1168 MWh загуби от вторична пара;
- 497 MWh са загуби от дрениран кондензат вследствие откази на помпите;
- 209 MWh загуби в околната среда от кондензни резервоари и кондензопроводи.

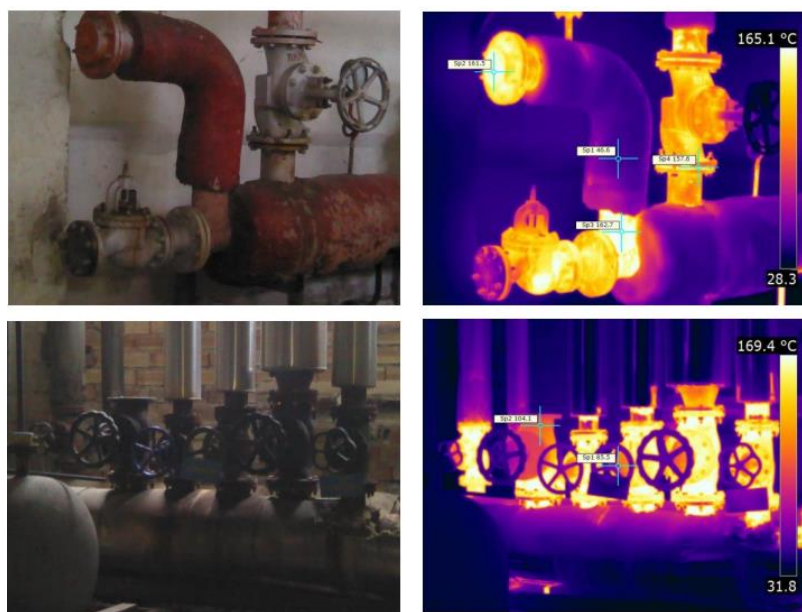
Разпределението на топлинната енергия е показано графично на фиг. 4.



Фиг. 4. Разпределение на топлинната енергия

Мярка за намаляване на енергийните разходи в предприятие за производство на пиво

След направения анализ на разпределението на топлинната енергия една от възможностите за намаляване на енергийните разходи е да бъде изолирана арматурата по паро-кондензатните трасета. Проведен е топлинен разчет на паропроводите и на прилежащата арматура към разпределителните колектори в режим на експлоатация, като за прегледност е показан в таблица 3. Повърхностната температура, приета за изчисленията е получена посредством термовизионно заснемане, резултат от което е показан на фиг. 5.



Фиг. 5. Термовизионно заснемане на неизолирана арматура

Таблица 3

N	Паропровод	Условен диаметър на паропровод	брой	Единична повърхност	Коеф. на топлообмен	Темп. на повърх. на арматурата	Температура в помещението	Темп. Разлика	Загуби на топлина	Попътен кондензат	Работни часове	Загуби на топлина годишно
		-	бр	m2	W/m ² °K	°C	°C	°C	W/h	kg/h	h	MWh/год

Арматура неизолирана

1	Арматура в т.ч. в АС	200	2	0,90	11,63	160	25	135	2840	6	6000	17,04
2	Арматура в т.ч. в АС	150	6	0,599	11,63	160	25	135	5644	12	6000	33,86
3	Арматура в т.ч. в АС	125	6	0,452	11,63	160	25	135	4259	9	6000	25,56
4	Арматура в т.ч. в АС	100	4	0,346	11,63	160	25	135	2174	4	6000	13,04
5	Арматура в т.ч. в АС	80	7	0,277	11,63	160	25	135	3049	6	6000	18,29
6	Арматура в т.ч. в АС	65	2	0,219	11,63	160	25	135	686	1	6000	4,12
7	Арматура в т.ч. в АС	50	4	0,152	11,63	160	25	135	952	2	6000	5,71
8	Арматура в т.ч. в АС	40	1	0,122	11,63	160	25	135	192	0,4	6000	1,15
9	Арматура в т.ч. в АС	32	1	0,102	11,63	160	25	135	160	0,3	6000	0,96
Общо арматура 33								Сбор	19957	41,1		119,74

Таблица 4

N	Паропровод	Условен диаметър на паропровод	брой	Единична повърхност	Коеф. на топлообмен	Темп. на повърх. на арматурата	Температура в помещението	Темп. разлика	Загуби на топлина	Попътен кондензат	Работни часове	Загуби на топлина годишно
		-	бр	m2	W/m ² °K	°C	°C	°C	W/h	kg/h	h	MWh/год

Арматура изолирана

1	Арматура в т.ч. в АС	200	2	1,09	11,63	45	25	20	505	1	6000	3,03
2	Арматура в т.ч. в АС	150	6	0,72	11,63	45	25	20	1003	2	6000	6,02

3	Арматура в т.ч. в АС	125	6	0,54	11,63	45	25	20	757	2	6000	4,54
4	Арматура в т.ч. в АС	100	4	0,42	11,63	35	25	10	193	0	6000	1,16
5	Арматура в т.ч. в АС	80	7	0,33	11,63	45	25	20	542	1	6000	3,25
6	Арматура в т.ч. в АС	65	2	0,26	11,63	45	25	20	122	0	6000	0,73
7	Арматура в т.ч. в АС	50	4	0,18	11,63	45	25	20	169	0	6000	1,02
8	Арматура в т.ч. в АС	40	1	0,15	11,63	35	25	10	17	0,0	6000	0,10
9	Арматура в т.ч. в АС	32	1	0,12	11,63	45	25	20	28	0,1	6000	0,17
Общо арматура 33									Сбор	3338	6,9	20,03

Извода от анализа на предложената мярка за намаляване на енергийните разходи е, че монтирайки топлинна изолация по прилежащата арматура биха се получили спестявания, равняващи се на 99,71 MWh/год. Спестените емисиите на парникови газове, съгласно (ORDER № РД-02-20-3 from 9 November 2022 y.) (Denev I., Kostov K., Krystev N., 2022) се равняват на:

$$99,71 \text{ MWh/год} * 0,220 \text{ gCO}_2/\text{MWh} = 21,94 \text{ tCO}_2/\text{год}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

След въвеждане на предложената мярка за топлинно изолиране на прилежаща арматура към паропроводна инсталация на предприятие за производство на пиво ще се постигнат спестявания на енергия, възлизаци на 99,71 MWh/год, както и спестяване на емисии въглероден диоксид на стойност 21,94 tCO₂/год.

REFERENCES

Denev I., 2022, An option for heating domestic hot water by using waste heat, Announcement of Union of Scientists Sliven, Volume 37(2), 2022, ISSN 1311 28464, pp. 141-144. (**Оригинално заглавие:** Денев Ив., Една възможност за загряване на БГВ, чрез използване на отпадна топлина, Известия на Съюза на учените Сливен, том 37(2), 2022, ISSN 1311 28464, стр. 141-144.).

Denev I., Kostov K., Krystev N., 2022, Analysis of the ecological effect from energy saving measures in a production facility. "Mechanical Engineering and Mechanical Science" magazine, year XVII, book 1, 2022, ISSN 1312-8612, pp. 66-69. (**Оригинално заглавие:** Денев Ив., К. Костов, Н. Кръстев. Анализ на екологичния ефект от въвеждането на енергоспестяващи мерки в производствен обект. писание "Машиностроене и Машинознание", година XVII, книга 1, 2022, ISSN 1312-8612, стр. 66-69).

Kostov K., 2024, Energy balance and analysis of the possibilities of implementing cogeneration in a textile plant, Polityka Energetyczna, Volume 27, Issue 2, Pages 129 – 140, 2024, DOI 10.33223/epj/186807.

Koverdynský V., 2020, Quality of insulation materials [Kvalita izolačních materiálů] (2020) 29 (3), pp. 152-153.

ORDER № РД-02-20-3 from 9 November 2022 y. for the technical requirements for the energy performance of buildings (**Оригинално заглавие:** НАРЕДБА № РД-02-20-3 от 9 ноември 2022 г. за техническите изисквания към енергийните характеристики на сгради).

Porzuczek, J. 2024, Comparative Study on Selected Insulating Materials for Industrial Piping. Materials 2024, 17, 1601. DOI:10.3390/ma17071601.

Wang, Y., Tu, Z., Yuan, L., 2020, Analysis of thermal energy storage optimization of thermal insulation material and thermal insulation structure of steam pipe-line (2020) Thermal science, 24 (5), pp. 3249-3257, DOI 10.2298/TSCI191126116W.