

Stanisław BORKOWSKI, Krzysztof NOWAK

**WPLYW BADAŃ WIBRODIAGNOSTYCZNYCH
WENTYLATORÓW SŁODOWNI
NA POPRAWĘ WSKAŹNIKÓW
KOMPLEKSOWEGO UTRZYMANIA MASZYN**

Streszczenie: W pracy przedstawiono rolę, jaką spełniają wentylatory w procesie produkcji słodu, będącego istotnym surowcem do produkcji piwa. Zaprezentowano zakres badań wibrodiagnostycznych wentylatorów, które zrealizowano w słodowni. Stwierdzono, że odnotowany wzrost wartości wskaźników kompleksowego utrzymania maszyn słodowni nastąpił dzięki systematycznie wykonywanym badaniom wibrodiagnostycznym wentylatorów. Badania te były podstawą do zaplanowania i wykonania działań eksploatacyjnych. Służby techniczne słodowni w ten sposób zagwarantowały zdatność techniczną wentylatorom, realizującym proces produkcji słodu.

Słowa kluczowe: wibrodiagnostyka wentylatorów, kompleksowe utrzymanie maszyn (TPM), wskaźniki OEE, produkcja słodu, zdatność techniczna

1. WPROWADZENIE

Badana słodownia to zakład przemysłu spożywczego, jedna z największych dostawców słodu jęczmiennego w Polsce. Słód jest podstawowym surowcem do produkcji piwa i w sposób znaczący wpływa na jego poziom jakości. Wysokie wymagania odbiorców słodu skutkują koniecznością ciągłego podnoszenia poziomu jakości produkcji, w celu podniesienia konkurencyjności zakładu [8]. Jakość słodu zależna jest głównie od: jakości używanego surowca, właściwego procesu technologicznego oraz zdatności technicznej maszyn i urządzeń słodowni. Słód jęczmienny jest wytworem natury i podlega prawom przyrody. Branża słodownicza jest wyjątkowa, ponieważ każda awaria maszyn i urządzeń technologicznych zawsze nieodwracalnie wpływa na obniżenie jakości produkowanego słodu [2, 7]. Wszystkie awarie obiektów technicznych powodują zawsze wydłużenie czasu trwania procesu technologicznego, co wpływa nie tylko na poziom jakości produkowanego słodu, ale także na efekty ekonomiczne słodowni. Każdy rozpoczęty proces słodowania musi być zakończony procesem suszenia słodu w zaplanowanym czasie. Nie można zatrzymać procesu kiełkowania ziarna jęczmienia. Możliwe jest tylko jego nieznaczne wydłużenie w czasie. Z tych powodów słodownie poszukują takiej organizacji produkcji, która zapewni im wysoką rentowność. Wypracowanie racjonalnej organizacji

systemu utrzymania zdatności technicznej maszyn i urządzeń oraz sterowanie procesem technologicznym produkcji słodu przyczyniają się, że proces technologiczny może być prowadzony poprawnie [7, 8].

Podczas produkcji słodu wentylatory odgrywają kluczową rolę na wszystkich etapach procesu technologicznego. Od ich niezawodnej pracy zależą jakość produkowanego słodu oraz ciągłość i wydajność produkcji. W badanym zakładzie stosowana jest diagnostyka techniczna wentylatorów, która jest oparta głównie na badaniach wibrodiagnostycznych oraz termowizyjnych.

Jednym z ważniejszych narzędzi służących do oceny skuteczności czynności eksploatacyjnych, realizowanych na parku maszynowym zakładu, są wskaźniki Kompleksowego Utrzymania Maszyn (Total Productive Maintenance TPM). Wskaźniki TPM z powodzeniem są stosowane w wielu gałęziach przemysłu, gdyż w sposób obiektywny wskazują kierunki doskonalenia działań eksploatacyjnych zakładowych służb utrzymania ruchu.

Postęp w koncepcji TPM mierzy się głównie poprzez obliczenie Całkowitej Efektywności Wyposażenia OEE (Overall Equipment Effectiveness), która jest wskaźnikiem łączącym efektywność pracy, niezawodność maszyn i jakość procesu wytwarzania [1, 3].

Celem pracy było zobrazowanie wpływu przeprowadzonych badań wibrodiagnostycznych wentylatorów, które realizują proces produkcji słodu, na poprawę wskaźników kompleksowego utrzymania maszyn.

2. ROLA WENTYLATORÓW W PROCESIE PRODUKCJI SŁODU

Obiektem badań była słodownia, która produkuje jeden z podstawowych czynników decydujących o poziomie jakości piwa – sód jęczmienny. Roczna produkcja zakładu to ok. 110 tysięcy ton słodu. Sód browarniany to skielkowane ziarno jęczmienne, następnie wysuszone i pozbawione kielków. Słodowaniem zaś nazywa się sztuczny proces kielkowania ziarna, realizowany głównie w celu powstania cukrów prostych, które gwarantują właściwy przebieg fermentacji piwa [2, 7, 8].

Etapy procesu produkcji słodu wraz z omówieniem ról, jakie wówczas muszą spełnić wentylatory pracujące w słodowni, zostały zawarte w tabeli 1. Na każdym z etapów omawianego procesu technologicznego, wymagana jest praca wentylatorów. Jednakże średni procentowy udział ich pracy w każdym z etapów jest podobny (100%) z wyjątkiem procesu zamaczania jęczmienia w kadziach zamaczalnikowych (65%).

Wpływ badań wibrodiagnostycznych wentylatorów...

Tabela 1. Zadania wentylatorów na poszczególnych etapach procesu produkcji słodu
Table 1. Tasks of fans in individual stages of the malt production process

Lp.	Etap procesu produkcji słodu		Opis etapu	Zadania wentylatorów
1	przyjęcie jęczmienia do słodowni		przyjęcie jęczmienia wraz z czyszczeniem wstępnym i szczegółowym oraz jego magazynowanie w silosach	aspiracja pyłu jęczmiennego generowanego podczas transportu ziarna. Wentylatory pracują przez 100% czasu trwania transportu ziarna
2	słodowanie jęczmienia	namaczanie ziarna w zamaczalnikach	namoczone w wodzie ziarno jęczmienia ciągle pobiera tlen i produkuje CO ₂ , jako efekt zaplanowanych przemian biochemicznych jęczmienia	w fazie procesu bez wody musi być usunięty CO ₂ . Odbywa to się dzięki wentylatorom. Średni procentowy udział pracy wentylatorów równa się wartości 65% czasu trwania cyklu
3		kiełkowanie jęczmienia w skrzyniach Saladina	kontynuacja żądanych przemian biochemicznych zachodzących w kiełkującym ziarnie jęczmienia	kiełkowanie jęczmienia jest możliwe dzięki ciągłej pracy wentylatorów. Dostarczają one ziarnu świeże powietrze o zadanej temperaturze, wilgotności i ilości, a także usuwają CO ₂ powstały podczas procesu kiełkowania. Wentylatory muszą działać przez 100% czasu trwania cyklu
4		suszenie słodu jęczmiennego w suszarni	wysuszenie wilgotnego skiełkowanego jęczmienia w celu zakończenia procesu kiełkowania ziarna oraz dla uzyskania ok. 4,5% wilgotności ziarna, dla zagwarantowania jego możliwości przechowalniczych	temperatura suszenia słodu jest regulowana temperaturą i natężeniem przepływu gorącego powietrza. Parametry te są zapewnione poprzez właściwą wydajność wentylatorów siatek suszarni i palników gazowych. Wentylatory suszarni limitują przepływ produkcji w słodowni. Pracują one 100% czasu trwania cyklu
5	przyjęcie słodu z suszarni oraz jego wysyłka do klientów		transport wysuszonego słodu z suszarni wraz z odkiełkowaniem oraz magazynowaniem w silosach. Końcowe czyszczenie i wysyłka słodu do klienta	aspiracja pyłu słodowego generowanego podczas transportu ziarna. Wentylatory pracują przez 100% czasu trwania transportu ziarna

W badanym obiekcie zainstalowanych jest 273 sztuk maszyn i urządzeń, które są niezbędne do zrealizowania procesu technologicznego produkcji słodu jęczmiennego (tab. 2). W badanym zakładzie pracuje 39 wentylatorów, co stanowi ponad 14% udział wszystkich maszyn i urządzeń słodowni.

Tabela 2. Zestawienie liczby maszyn i urządzeń słodowni w różnych grupach rodzajowych
 Table 2. The number of machines and equipment in the malthouse in different groups by type

Lp.	Nazwa grupy maszyn i urządzeń	Liczba maszyn i urządzeń [szt.]	Udział procentowy liczby maszyn i urządzeń [%]
1	Urządzenia do transportu ziarna	103	37,73
2	Maszyny i urządzenia do słodowania ziarna (zamaczanie, kiełkowanie i suszenie)	38	13,92
3	Sprężarki, dmuchawy, agregaty chłodnicze, pompy, mieszadła	43	15,75
4	Wentylatory	39	14,29
5	Maszyny do czyszczenia ziarna, próbniki i wagi	29	10,62
6	Filtrocyklony + śluzy, cyklony + śluzy	21	7,69
	Suma	273	100

Natomiast tabela 3 prezentuje cztery grupy lokalizacji wentylatorów słodowni: reszta zakładu i miejsca prowadzenia procesu słodowania (zamaczalnia, skrzynie Saladina i suszarnia słołu).

Tabela 3. Zestawienie liczby wentylatorów słodowni w różnych grupach rodzajowych
 Table 3. The number of fans in different groups by type

Lp.	Lokalizacja wentylatorów	Liczba wentylatorów [szt.]	Udział procentowy [%]
1	Reszta zakładu	21	54
3	Skrzynie Saladina	8	21
4	Suszarnia słołu	6	15
2	Zamaczalnia	4	10
	Suma	39	100

Analizując dane pokazane w tabeli 3 można powiedzieć, że najwięcej wentylatorów (21 sztuk) działa w reszcie zakładu, które realizują tam proces aspiracji pyłów zbożowych powstałych podczas transportu jęczmienia i słołu. Natomiast proces słodowania jęczmienia jest obsługiwany przez 18 wentylatorów, z czego najwięcej pracuje w skrzyniach Saladina (8), następnie w suszarni słołu (6), a najmniej jest ich w zamaczalni (4). Należy nadmienić, że największy wpływ na poziom jakości słołu oraz tempo procesu produkcji słołu mają wentylatory zlokalizowane w suszarni słołu, które stanowią 15% ogółu wentylatorów zakładu.

W badanym zakładzie ze względów teoretycznych i praktycznych najważniejszy jest jeden cykl procesu słodowania, który obejmuje czas od namoczenia do zakończenia suszenia ziarna jęczmienia. Charakterystyka liczbowa wentylatorów dotycząca realizacji jednego cyklu procesu została przedstawiona w tabeli 4. Liczba wentylatorów pracujących podczas jednego cyklu dłużej niż 24 godziny wynosi w sumie 11 sztuk (1+8+2), przy czym największa liczba doty-

czy skrzyń Saladina (kiełkowanie jęczmienia). Natomiast lokalizacja „Reszta zakładu” zawiera wentylatory, które nie pracują dłużej niż 14 godzin na jeden cykl procesu. Suszarnia słodu jest obsługiwana przez cztery wentylatory, działające do 24 godzin oraz dwa pracujące powyżej doby na jeden cykl.

Tabela 4. Zestawienie liczby wentylatorów z podziałem na czas ich pracy na jeden cykl procesu słodowania w różnych ich lokalizacjach zakładu

Table 4. The number of fans according to the operation time for each malting process cycle in various locations of the plant

Lp.	Miejsce lokalizacji wentylatorów	Czas pracy wentylatorów na jeden cykl procesu [h]				
		do 4 h	do 8 h	do 14 h	do 24 h	> 24 h
1	Reszta zakładu	1	9	11	0	0
2	Zamaczalnia	0	0	3	0	1
3	Skrzynie Saladina	0	0	0	0	8
4	Suszarnia słodu	0	0	0	4	2
	Suma	1	9	14	4	11

3. WYNIKI WYKONANYCH BADAŃ WIBRODIAGNOSTYCZNYCH WENTYLATORÓW SŁODOWNI

Wzrost złożoności środków technicznych z jednej strony, z drugiej zaś wzrost odpowiedzialności zadań, jakie te środki realizują, przyczynił się do powstania nowej dziedziny wiedzy i techniki – diagnostyki technicznej. Celem diagnostyki technicznej jest określenie szeroko rozumianego stanu zdatności technicznej maszyn i urządzeń za pomocą obiektywnych metod i środków dla podwyższenia ich trwałości, niezawodności i efektywności działania [6, 9, 10].

Realizowana diagnostyka techniczna maszyn i urządzeń słodowni musi dać odpowiedź na następujące pytanie: czy stan zdatności technicznej maszyn i urządzeń jest wystarczający, aby uruchomić kolejną partię produkcyjną?

Na podstawie przeprowadzonej analizy poszczególnych fragmentów procesu produkcyjnego w ujęciu technologicznym stwierdzono, że procesem wyznaczającym dynamikę przepływu dla całego badanego zakładu jest proces suszenia słodu. Na jego potrzeby pracują wcześniejsze działy zakładu (głównie zamaczalnia i skrzynie Saladina). Z tego też względu wszystkie wentylatory zostały objęte okresową kontrolą wibrodiagnostyczną [4, 5, 8].

Badania wibrodiagnostyczne w badanej słodowni są realizowane od 2011 roku, a efekty tychże badań zostały zestawione w tabeli 5. W każdej lokalizacji zakładu odnotowano problemy z wentylatorami (najczęściej wysokie drgania łożysk wirników wentylatorów). Liczba odnotowanych usterek spada z roku na rok, głównie za sprawą właściwego systemu ich eksploatacji.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że wentylatory pracujące w suszarni słodu mają największy wpływ na poziom jakości produkowanego słodu, ponieważ dzięki ich działaniu w wymaganym czasie oraz wydajności możliwe jest prowadzenie procesu technologicznego, zgodnie z założonym programem pracy wentylatorów suszenia oraz wentylatorów palników gazowych [8].

Tabela 5. Zestawienie liczby zdarzeń awaryjnych wentylatorów uzyskanych z badań wibrodiagnostycznych

Table 5. The number of fans breakdowns found with vibrodiagnostics

Lp.	Kampania produkcyjna [lata]	Liczba zdiagnozowanych usterek wentylatorów [szt.]				
		Zamaczalnia	Skrzynie Saladina	Suszarnia słodu	Reszta zakładu	Suma roczna
1	2011-2012	0	3	0	2	5
2	2012-2013	1	5	0	1	7
3	2013-2014	1	4	2	11	18
4	2014-2015	2	3	2	10	17
5	2015-2016	0	4	1	7	12
	Razem	4	19	5	31	59

W związku z powyższym, w suszarni słodu wszystkie wentylatory zostały objęte programem badań wibrodiagnostycznych. Wyniki uzyskane podczas badań zrealizowanych w latach 2013-2015 zostały zaprezentowane w tabelach 6 oraz 7. Dla tego typu wentylatorów do oceny stanu dynamicznego obowiązują następujące wartości graniczne prędkości drgań: stan dobry – do $2,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, stan akceptowalny – między $2,3$ a $4,5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, stan dopuszczalny – między $4,5$ a $7,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz powyżej $7,1 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ stan niedopuszczalny. Natomiast stan łożysk określony wartością graniczną przyspieszenia drgań wynosi: dla silników 6 g, a dla łożyskowania wirników 10 g [5, 8].

Analizując wyniki badań wibrodiagnostycznych przedstawione w tabeli 6 można zauważyć, że stany dynamiczne badanych wentylatorów były przeważnie dobre lub akceptowalne i na podstawie tych danych nie były wymagane jakiegokolwiek działania naprawcze służb remontowych słodowni.

Tabela 6. Zestawienie wyników analizy wibrodiagnostycznej stanu dynamicznego wentylatorów suszarni słodu z lat 2013-2015

Table 6. The results of vibrodiagnostics analyses of the dynamic state of fans in the malt kiln in the years 2013-2015

Lp.	Nazwa wentylatora	Nazwa urządzenia	Stan dynamiczny				
			Prędkość drgań $V_{RMS} \text{ Max}$ [$\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$]				
			IX 2013	VI 2014	XII 2014	V 2015	IX 2015
1	suszenie słodu – komora suszarnicza nr 1	silnik	0,51	1,13	0,51	0,94	1,21
		przekładnia	1,02	0,96	1,48	0,79	0,83
2	suszenie słodu – komora suszarnicza nr 2	silnik	1,75	0,74	1,88	1,68	0,95
		przekładnia	0,99	0,81	1,91	2,47	0,8
3	wyciąg spalin palnika gazowego wstępnego	silnik	2,5	2,75	1,95	3,44	2,92
		wentylator	3,5	2,98	2,6	3,35	2,92
		silnik palnika			3,12	2,47	2,14
4	wyciąg spalin palnika gazowego komory suszarniczej nr 1	silnik	2,5	3,22	2,8	2,99	3,65
		wentylator	3,2	3,11	3,13	2,74	2,77
		silnik palnika			3,95	2,61	2,4
5	wyciąg spalin palnika gazowego komory suszarniczej nr 2	silnik	1,5	1,84	1,86	1,45	2,03
		wentylator	2,5	2,21	2,9	1,97	3,01
		silnik palnika			1,72	3,92	3,72

W trakcie tych samych badań diagnostycznych wentylatorów, oprócz pomiaru prędkości drgań, zmierzono także wartości przyspieszeń drgań łożysk. Wyniki uzyskane podczas tych badań (tab. 7) dały podstawę do wykonania prac remontowych, związanych głównie z wymianą łożysk wirników wentylatorów wyciągu spalin palników gazowych suszarni słodu. W grudniu 2014 roku wykonano wymianę łożysk we wszystkich wentylatorach wyciągu spalin palników gazowych. Wszystkie prace remontowe zostały wykonane podczas postoju technologicznego komór suszarniczych, co pozwoliło zapobiec powstaniu awarii łożysk podczas procesu suszenia.

Badania wibrodiagnostyczne zrealizowane we wrześniu 2015 roku wykazały ponowny problem z łożyskami tychże wentylatorów, zwłaszcza z wentylatorem wyciągu spalin palnika gazowego komory suszarniczej nr 2. Także tym razem prace remontowe zaplanowano i wykonano w trakcie postojów technologicznych. Oprócz wspomnianych łożysk wentylatorów, wymieniono wówczas wszystkie paski klinowe oraz łożyska silnika wentylatora wyciągu spalin palnika komory suszarniczej nr 2. Należy nadmienić, że dzięki tym zrealizowanym działaniom eksploatacyjnym, udało się uniknąć zdarzeń awaryjnych wentylatorów suszarni słodu, co umożliwiło wyprodukowanie słodu o właściwym wysokim poziomie jakości i zaplanowanej wielkości produkcji.

Tabela 7. Zestawienie wyników analizy wibrodiagnostycznej stanu łożysk wentylatorów suszarni słodu z lat 2013-2015

Table 7. The results of vibrodiagnostics analyses of the condition of fans bearings in the malt kiln in the years 2013-2015

Lp.	Nazwa wentylatora	Nazwa urządzenia	Stan łożysk				
			Przyspieszenie drgań g 0P Max [g]				
			IX 2013	VI 2014	XII 2014	V 2015	IX 2015
1	suszenie słodu – komora suszarnicza nr 1	silnik		17,12	16,57	13,9	12,09
		przekładnia		3,54	3,80	2,58	2,76
2	suszenie słodu – komora suszarnicza nr 2	silnik		3,61	8,56	4,29	6,46
		przekładnia		3,55	3,19	7,56	2,30
3	wyciąg spalin palnika gazowego wstępnego	silnik	2,60	3,50	3,33	3,63	3,30
		wentylator	8,00	6,92	3,52	8,91	10,69
		silnik palnika			1,49	1,06	1,10
4	wyciąg spalin palnika gazowego komory suszarniczej nr 1	silnik	3,80	4,51	6,55	6,45	2,62
		wentylator	12,2	9,40	3,75	9,99	9,27
		silnik palnika			1,50	1,09	0,78
5	wyciąg spalin palnika gazowego komory suszarniczej nr 2	silnik	6,40	3,70	0,87	5,75	6,23
		wentylator	13,00	9,76	3,78	16,37	73,22
		silnik palnika			0,83	1,64	1,18

4. OBLICZENIE WSKAŹNIKÓW TPM DLA BADANEGO PROCESU PRODUKCJI SŁODU

W koncepcji TPM kluczowym wskaźnikiem jest **Całkowita Efektywność Wyposażenia OEE** (Overall Equipment Effectiveness). Wskaźnik ten łączy efektywność pracy, niezawodność maszyn oraz jakość procesu wytwarzania. Opisany wskaźnik OEE jest przydatnym narzędziem obrazującym, w jakim stopniu efektywnie pracują maszyny i urządzenia, czyli jak efektywnie są one wykorzystywane. Oblicza się go według następującego wzoru [1, 3]:

$$OEE = WD \cdot WW \cdot WJ \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gdzie: WD – wskaźnik dostępności,
WW – wskaźnik wykorzystania,
WJ – wskaźnik jakości.

Należy dodać, że po wykonanej analizie uzyskanych wartości wskaźników OEE dla poszczególnych maszyn i urządzeń, można dowiedzieć się, jaki jest rzeczywisty poziom odchyień wartości OEE zakładu od światowych standardów oraz jakie maszyny i urządzenia są „wąskim gardłem” w badanym zakładzie. Kolejne analizy wskaźników OEE pokazują użytkownikom trend zmian ich wartości. Zalecane standardowe wartości wskaźnika OEE powinny być zamierzonym celem do osiągnięcia, jednak podobnie ważne jest uzyskanie stałego wzrostu jego wartości.

Przy założeniu, że wskaźnik OEE powinien być stały, co gwarantuje jednocześnie stabilność efektów ekonomicznych, poziom jakości słodu uwarunkowany jest parametrami technologicznymi, które zawierają wskaźnik dostępności oraz wskaźnik wykorzystania. Z tego też względu wprowadzono pojęcie **Częściowa Efektywność Urządzenia CEU**, która przyjmuje postać [8]:

$$CEU = WD \cdot WW \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Wyniki badań dotyczące eksploatacji podmiotowych maszyn i urządzeń przedstawiono w tabeli 8. Dane zaprezentowano oddzielnie dla poszczególnych etapów słodowania i porównano je ze światowymi standardami [3]. Stwierdzono, że tylko zamaczalnia nie spełnia warunku w zakresie wskaźnika wykorzystania WW (85,66% zamiast 95%). Stąd wniosek: efektywność eksploatacji maszyn oraz urządzeń w trzech najważniejszych obszarach słodowni (zamaczalnia, skrzynie Saladina oraz suszarnia słodu) odpowiada, z małymi wyjątkami, światowym standardom OEE.

Tabela 8. Wartości średnich wskaźników TPM dla okresu 36 miesięcy (2011-2014)
Table 8. Average values of TPM indicators for time period of 36 months (2011-2014)

Nazwa wskaźnika	Zamaczalnia [%]	Skrzynie Saladina [%]	Suszarnia [%]	Światowy Standard wskaźników [%]
WD	98,82	99,74	98,36	90
WW	85,66	98,09	97,64	95
CEU	84,65	97,83	96,04	85 przeliczony

Okres badań obejmował 3 lata i stąd w tabeli 9 przedstawiono analizowane wskaźniki w poszczególnych latach (2011-2014), rozszerzając je o wskaźnik CEU słodowania, wskaźnik jakości WJ oraz wskaźnik OEE procesu słodowania.

Należy stwierdzić, że w zakresie podmiotowych wskaźników wraz z upływem lat badań, wzrosły one w odniesieniu do skrzyń Saladina i suszarni. Wzrosła również wartość wskaźnika OEE procesu słodowania z 90,4% do 93,02%. Światowy standard wskaźnika OEE wynosi 85%. Jak widać badany zakład znacznie przewyższa normę, a co więcej, nastąpił jego istotny wzrost w porównaniu pierwszego z trzecim okresem przeprowadzonych badań.

Tabela 9. Wartości średnich rocznych wskaźników TPM dla różnych lokalizacji zakładu z lat badań 2011-2014

Table 9. Chart of average values of annual TPM Indicators for various locations of the in the years 2011-2014

Nazwa wskaźnika	Lata badań		
	2011-2012	2012-2013	2013-2014
CEU zamaczalnia	85,16	85,89	83,51
CEU skrzynie Saladina	96,35	98,47	98,78
CEU suszarnia	94,81	96,46	96,86
CEU procesu słodowania	92,08	93,56	93,05
WJ	97,80	99,00	99,97
OEE	90,38	92,65	93,02

5. PODSUMOWANIE

Stosowanie badań wibrodiagnostycznych wentylatorów słodowni pozwoliło uniknąć wielu przerw w procesie produkcji słodu, co tym samym spowodowało wzrost poziomu jakości i wielkości produkcji słodu. W opisywanej słodowni odnotowano, w okresie trzech lat badań, znaczący spadek liczby rocznych godzin awarii maszyn i urządzeń z 419,5 godzin do 140 godzin. Fakt ten miał istotny wpływ na wzrost realizacji rocznego planu produkcyjnego ze 102% do 106%, przy jednocześnie stabilnym poziomie jakości produkcji słodu na poziomie powyżej 99%.

W badanej słodowni wprowadzono system racjonalnej strategii eksploatacji maszyn i urządzeń, a w szczególności dotyczy to wentylatorów. Wartości wskaźników OEE procesu słodowania z początkowego okresu badań (90,4%) uległy zwiększeniu po trzech latach jego funkcjonowania (93,02%). Można stwierdzić, że realizowana w słodowni wibrodiagnostyka wentylatorów miała istotny wpływ na wzrost wskaźników OEE oraz na uzyskanie stabilnego wysokiego poziomu jakości słodu i zaplanowanej wielkości produkcji.

LITERATURA

- [1] ASEFESO A.: TPM Simplified. AA Global Sourcing Ltd, New York, 2014.
- [2] BŁAŻEJAK St.: Wybrane zagadnienia z technologii przemysłu fermentacyjnego. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2014.
- [3] BORKOWSKI St., KROCKO V.: TPM and PAMCO Coefficient as Basis of Estimation of Machines Exploitation Efficiency. Publishing and Press Association of Universities Russia, Saint Petersburg, 2008.
- [4] BORKOWSKI St., KRYNKE M., NOWAK K.: Analysis of failure rate and basic preventive actions in the maintenance system applied in the malting plant Soufflet Poland of Poznań. [In:] Assessment of the Machines Conditions Operation and their Improvement, St. Borkowski, M. Krynke (eds.), Faculty of Logistics University of Maribor, 2014.
- [5] BORKOWSKI St., NOWAK K.: Diagnostyka wentylatorów suszarni słodu. [W:] Zagadnienia mechaniki stosowanej, Tom 5, J. Sawicki (red.), Wydawnictwa Uczelniane UTP, Bydgoszcz, 2015.
- [6] CEMPEL Cz., DOBRY M.W.: Vibrations in physical systems. Agencja Reklamowa Comprint, Poznań, 2008.
- [7] KUNZE W.: Technology Brewing & Malting. VLB Berlin, Germany 4th International Edition, Berlin, 2010.
- [8] NOWAK K.: Utrzymanie maszyn i urządzeń branży słodowniczej w stanie zdatości technicznej przy dużej zmienności obciążeń technologicznych. Rozprawa doktorska, UTP, Bydgoszcz, 2016.
- [9] ŻÓŁTOWSKI B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwa Uczelniane UTP, Bydgoszcz, 2011.
- [10] ŻÓŁTOWSKI B., ŁUKASIEWICZ M.: Diagnostyka drganiowa maszyn. Wydawnictwo Naukowe ITE – PIB, Radom, 2012.

THE IMPACT OF VIBRODIAGNOSTICS OF FANS IN A MALTHOUSE ON THE IMPROVEMENT OF INDICATORS FOR TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Summary: The text presents the role of fans in the process of malt production, which is an essential raw material used in beer production. It presents the scope of vibrodiagnostics of fans in the subject malthouse. It has been stated that significant increase of the indicators for Total Productive Maintenance was reached due to regular vibrodiagnostics of fans. The diagnostics gave the basis for planning and performing maintenance actions of the malthouse technical support service which guaranteed technical capability of the fans which perform the process of malt production.

Key words: vibrodiagnostics of fans, Total Productive Maintenance (TPM), OEE indicators, malt production, technical capability