

dr hab. inż. Andrzej Burghardt, Prof. PRz
Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Rzeszów 04.08.2023r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

Mgr. inż. Adama Krępy pod tytułem

„Zastosowanie wybranych narzędzi Lean Manufacturing w doskonaleniu zarządzania procesem skrawania odlewów tłoków samochodowych”

Podstawą opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Krępy było pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Ewy Majchrzak z dnia 28.06.2023 roku.

1. Ocena aktualności wybranego tematu

Przemysł motoryzacyjny to jedna z najważniejszych gałęzi przemysłu w wielu krajach. W Polsce stanowi ponad dziesięć procent całej produkcji. Konkurencja w tym obszarze jest bardzo duża i wymaga stałego doskonalenia technologii wytwarzania, sposobów produkcji oraz doskonalenia procesów zarządzania. Wśród różnych koncepcji zarządzania procesem produkcji znajduje się Lean Manufacturing, wywodzący się z przemysłu motoryzacyjnego, którego wybrane narzędzia Autor zastosował w pracy. Dla wybranej linii obróbki mechanicznej odlewów tłoków zaproponował rozwiązania pozwalające na zwiększenie zdolności wytwórczych, poprawę efektywności linii oraz zmniejszenie liczby wyrobów niezgodnych. Proponowane rozwiązania zostały wdrożone na linii DL9 w zakładzie Federal-Mogul Gorzyce sp. z o. o.

Warto również dodać, że o wartości i aktualności prac badawczych świadczą możliwości ich implementacji w szeroko rozumianym przemyśle. Praca wychodzi naprzeciw pewnym niedoskonałościom systemu współpracy przemysł uczelnia czy instytut, będąc swego rodzaju elementem spinającym wiedzę teoretyczną z realnymi zastosowaniami.

Konkludując Doktorant podjął temat zastosowania wybranych narzędzi Lean Manufacturing w doskonaleniu zarządzania procesami skrawania odlewów tłoków samochodowych, która jest w mojej ocenie aktualna i zasadna.

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 08.08.2023
RDTMej.166151/2023
nr zał.

2. Przegląd treści pracy

Treść opiniowanej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Krępy zawiera 160 stron podzielonych na siedem rozdziałów. Dysertację kończy załączniki w postaci planu linii technologicznej DL9. Zamieszczono bibliografię obejmującą 105 pozycji literatury, w tym adresy dokumentów zawartych na stronach internetowych wykorzystywanych podczas przygotowania rozprawy. W wykazie literatury zawarto 1 pracę Autora dysertacji. Praca zawiera 121 rysunków oraz 22 tabele.

Pracę rozpoczyna rozdział 1, wprowadzenie, w którym Autor zawarł przegląd aktualnego stanu wiedzy. Przytoczył genezę powstania koncepcji Lean Manufacturing, podał jej definicję, opisał wybrane metody i narzędzia. Przedstawione informacje odniósł do przemysłu motoryzacyjnego. Dalej zdefiniował i przeanalizował transformacja z przemysłu 3.0 do poziomu 4.0 i zakończył rozdział podsumowaniem.

Opis technologii produkcji odlewów tłoków ze stopów Al-Si w Federal-Mogul Gorzyce sp. z o. o. rozpoczyna rozdział drugi. Dalej mamy opis dotychczasowego sposobu zarządzania obróbką mechaniczną tłoków na linii DL9 wraz z wyszczególnieniem stosowanych narzędzi Lean Manufacturing. Autor przeprowadza analizę ich skuteczności, definiuje konieczność poprawy sposobu zarządzania obróbką mechaniczną tłoków i kończy genezą zdefiniowania celu i tezy pracy.

Rozdział trzeci definiuje cel pracy. Autor dzieli go na cel naukowy i cel użytkowy. Stawia tezę oraz dalej w rozdziale czwartym podaje założony plan badań, który konsekwentnie realizuje w dalszej części pracy. Zgodnie z nim w rozdziale piątym rozpoczyna od mapowania strumienia wartości linii obróbki skrawaniem tłoków. Stwierdza konieczność zmniejszenia liczby operatorów niezbędnych do obsługi, proponując w tym celu szereg rozwiązań min. usunięcie z procesu badań kontrolnych operacja nr 190 z gniazda nr 5, zastąpienie papierowych kart X-R elektronicznym systemem rejestracji danych SPC, zastąpienie urządzenia kontrolno-pomiarowego międzyoperacyjnej kontroli jakości odlewów tłoków nowszym o większej funkcjonalności. Ponadto wprowadza elementy wizualizacji danych informujących o stanie obróbki. Zwieńczeniem podjętych działań jest redukcja czasu cykli maszyn na linii DL9. Dalej Autor dysertacji sygnalizuje prace nad analizą poziomu drgań wybranych maszyn. Część ostatnia, obszernego blisko 70 stronicowego rozdziału piątego, to informacje o zasadności wprowadzenia spersonalizowanego systemu Andon do nadzoru procesu obróbki mechanicznej tłoków. Rozdział kończy informacja o systemie akwizycji danych dotyczących zużycia mediów technicznych na linii DL9 oraz działań mających na celu zmniejszenie ich zużycia.

Rozdział 6 to obszerne podsumowanie zawierające syntetyczne zestawienie uzyskanych rezultatów badań poparte niejednokrotnie rysunkami. Natomiast punktowe przedstawienie najważniejszych autorskich osiągnięć zawarto w rozdziale 7.

Pracę kończy wykaz materiału źródłowego w postaci literatury oraz załącznik.

3. Wyniki pracy i ich ocena

Przedstawiona do oceny dysertacja dotyczy zastosowania wybranych technik Lean Manufacturing w doskonaleniu funkcjonowania linii DL9, będącej częścią zakładu Federal-Mogul Gorzyce sp. z o.o., na której realizowany jest proces skrawania odlewów tłoków samochodowych.

Przemysł motoryzacyjny działa w warunkach silnej konkurencji i ciągle zmieniających się uwarunkowań, co determinuje poszukiwanie rozwiązań pozwalających na uzyskanie przewagi konkurencyjnej. W celu obniżenia niegospodarności zasobami, oszczędności, poprawy wyniku

finansowego oraz dążenie do redukcji kosztów często wykorzystuje się (zresztą powstałą w przemyśle samochodowym) koncepcję Lean Manufacturing.

Największą trudnością w stosowaniu już od lat znanych rozwiązań, które są w swej idei bardzo uniwersalne, jest ich dedykowane zastosowanie, uzależnione od indywidualnych cech produkcji, zdeterminowanej jej wielkością, typem, poziomem technologicznym urządzeń oraz stanem świadomości personelu. Wymaga to personalizacji technik i narzędzi, harmonizacji z istniejącym systemem produkcji i jego systemem nadzoru oraz podnoszenia świadomości pracowników.

W pracy przedstawiono wieloetapowy proces obróbki mechanicznej odlewów tłoków jako przykład oryginalnego wyposażenia OEM w branży motoryzacyjnej.

Pracę rozpoczyna proces mapowania strumienia wartości linii DL9, następnie zaproponowano kilka rozwiązań poprawy efektywności i redukcji kosztów wytwarzania, bez obniżenia wymaganej jakości wyrobu końcowego. Skuteczność zastosowanych narzędzi Lean Manufacturing wykazano przy pomocy wybranych kluczowych wskaźników KPI, takich jak OAE; OEE i TEEP.

Proces wdrożenia rozwiązania rozpoczęto od prac zespołu, którego liderem był Autor dysertacji. Zsyntetyzowano harmonogram badań i określono wybór najlepszego sposobu wdrożenia na podstawie takich narzędzi jak: burza mózgów, wykres Yamazumi, Design Thinking, Diament Kartezjański, Diagram Ishikawy. Uzyskano poprawę funkcjonalności współpracujących systemów obliczeniowych (CPS) dzięki usprawnieniu technik transmisji danych. Pozwoliło to na wdrożenie z sukcesem uzyskanych rozwiązań w praktyce przemysłowej, co potwierdza sens podjętej tematyki i finalną zasadność stosowania przyjętych strategii Lean.

Oceniana praca ma bardzo duże znaczenie praktyczne. Na podkreślenie zasługuje sprawność i umiejętność Autora w przekazywaniu informacji o możliwościach i funkcjonalnościach linii DL9, pozostaje znaczny niedosyt jeśli chodzi o formę zredagowania dysertacji oraz wyraźnego wskazania problemów o charakterze naukowym, badawczym, rozwiązanych podczas realizacji tak obszernej pracy, czy podczas prowadzenia prac wdrożeniowych. Warto zwrócić uwagę na wszechstronność Doktoranta. Prezentowane rozwiązanie wymagało wiedzy z obszaru zarządzania, technik Lean Manufacturing, systemów komunikacji i transmisji danych, analizy raportów, znajomości systemów metrologicznych stosowanych na linii DL9, identyfikacji problemów związanych z czynnikiem ludzkim oraz globalnego spojrzenia na funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Za istotne do sformułowania ostatecznej oceny dysertacji, autorskie oryginalne osiągnięcia Doktoranta, uważam:

- Zmniejszenie wymaganej liczby godzin pracy, co zaowocowało zmniejszeniem liczby operatorów z 4 do 3 przy zachowaniu zdolności wytwórczych linii i zapewnieniu jakości zdefiniowanej normą ATF 16949.
- Implementację systemu SPC, którego funkcjonalności poprawiły jakość wykazaną wskaźnikami OEE; OAE i TEEP.
- Wprowadzenie w strukturę linii urządzenia kontrolującego jakość metodą ultradźwięków US2D, co spowodowało zmniejszenie liczby wyrobów niezgodnych oraz wyrobów zgodnych kwalifikowanych jako niezgodne, co wykazano wskaźnikami OEE i OAE.
- Poprawę ergonomii pracy, poprawę przepływu informacji pomiędzy wydziałami, zwiększenie szybkości reakcji na nieprawidłowości, dzięki wprowadzeniu wizualizacji danych produkcyjnych linii DL9 w postaci paneli HMI.
- Redukcję czasu cykli maszyn i urządzeń linii DL9.
- Instalację spersonalizowanego systemu Andon, co poprawiło efektywność linii mierzoną wskaźnikami OEE i OAE.

- Wprowadzenie monitorowania w czasie rzeczywistym zużycia mediów technicznych oraz wykazanie ich korelacji pomiędzy zużyciem, a wielkością produkcji linii DL9. Co ma znaczenie ekonomiczne i zmniejsza niekorzystne oddziaływanie na środowisko naturalne.

Niestety istnieją też elementy pracy, które budzą wątpliwości lub wymagają wyjaśnienia.

Uwagi ogólne

Str. 0 - Tytuł – W mojej ocenie należałoby napisać nie narzędzia, a instrumenty lub techniki. Jest podział na zasady, metody, instrumenty.

Str. 3 - Dlaczego Autor stosuje odwołanie jedynie do Lean Manufacturing, a nie do szerszego pojęcia Management. Praca w swej treści dotyczy szerokiego spojrzenia, dotyczy również aspektów zarządzania?

Str. 26 - Tab.1.14 Niezrozumiały tytuł tabeli. Dlaczego nie przywołano normy opisującej wskaźniki produktu, dlaczego wybrano akurat te, w normie jest ich ponad sto? Należało to w tym miejscu skomentować.

Str. 40 - Tytuł w mojej ocenie nie „opis”, raczej analiza i nie produkcji, a wytwarzania.

Str. 53 - W mojej ocenie należało dobitniej uzasadnić dlaczego wybrano właśnie linię DL9.

Str. 57 - Dlaczego zastosowano karty X-R. Uzasadnienie, że jest najczęściej stosowana, jest nieodpowiednie. Dalej na tej stronie powinno być nie próby lecz próbek, o liczebności 2-10, a najczęściej 4 do 5. Zastosowana przez Doktoranta liczba od 3-7 jest poprawna, ale brak jest komentarza dlaczego taka. Nie wyjaśniano też znaczenia cyfry 25, czytelnik może się domyślać, że chodzi tu o liczebność próby? W pracy nie wspomniano o normalności rozkładu wyników przed zaprojektowaniem kart kontrolnych. Brak normalności rozkładu prawdopodobieństwa danych, może dyskwalifikować kartę kontrolną.

Str.59 - Co z błędami grubymi, których nieodrzućcenie sprawia, że karta X-R nie jest poprawna. Nie występują czy nie przeprowadzono takiej analizy, brak komentarza?

Str. 65 - W całej pracy Autor wielokrotnie stosuje niepoprawnie nazewnictwo ilość i liczba. Ilość używamy w odniesieniu do rzeczowników niepoliczalnych, natomiast liczba powinna być używana przy rzeczownikach policzalnych. Dlatego nie ilość sztuk, a liczba sztuk (bardzo częsty błąd, większość podpisów rysunków).

Str. 66 - W tym rozdziale jak i w całej pracy należałoby przyjąć wyraźne rozgraniczenie co do narzędzi i metod, np. przyjmując definicje z prac prof. Hamrola, pozycja 98 wykazu literatury zamieszczonego w pracy.

Str. 71. - Autor definiuje cel pracy. Cel jest to osiągnięcie jakie chcemy zrealizować nie jest sprawą istotną jakie narzędzia do tego zastosujemy. Dodatkowo jest tu mowa o optymalizacji w innych częściach pracy również, dwudziestokrotnie na str. 15, 31, 50, 66, 69, 85, 87, 89, 117, 118, 119, 127, 135, 136, 137, 138, 147, 149,150. Praca nie dotyczy optymalizacji, nie ma zdefiniowanej jasno wielokryterialnej funkcji celu, ani nie stosuje Autor metod optymalizacyjnych. Pomyłone są tu pojęcia optymalizacja i doskonalenie. W całej pracy jak i w części formułującej cel zamiennie stosowane są pojęcia wytwarzanie i produkcja, nie są nigdzie zdefiniowane czy jest to zdaniem Autora to samo ?. Analogicznie w definicji celu jak i całej pracy zamiennie stosuje Autor pojęcia braków i niezgodności. Podając niekiedy w nawiasach po niezgodnościach pojęcie braków. Nie są to pojęcia tożsame. Praca dotyczy ograniczenia w procesie obróbczym elementów niezgodnych z dokumentacją.

Str. 73. - W odniesieniu do tezy pracy, pozostaje dyskusyjne czy w pracach o charakterze wdrożeniowym należy ją w ogóle definiować ponieważ nie dotyczy ona udowodnienia poprawności metody, sposobu lecz możliwości aplikacyjnych stosowanych rozwiązań. Przez to ma charakter często deklaracyjny.

Str. 78 - Zespół Lean, czy raczej zespół Lean Manufacturing. Brak mi tu precyzyjnego wyszczególnienia wkładu autorskiego. Jakże zadania realizował Doktorant.

Str. 95. - Brak komentarza czy prezentowana karta na rys. 5.17 została zbudowana metodą projektową czy stabilizacyjną?

Str. 96. - Rys. 5.19 Dlaczego nie ma linii ostrzegawczych na torach kart kontrolnych.

Str. 97 - Rys. 5.20 Podpis pod rysunkiem informuje, że są na nim zaznaczone linie trendu. To nie są zaznaczone trendy. Trend to min 3 kolejne punkty.

Str. 95. - Literatura 105, dlaczego nie norma ISO 8258.

Str.103 - W tabeli 5.4 pomieszano zjawiska fizyczne informujące o uszkodzeniu z funkcjonalnością. Jeśli dla pierwszego urządzenia US1D mówimy o amplitudzie to dla US2D powinniśmy mówić o amplitudzie i czasie między amplitudami (informacja o umiejscowieniu) lub podać tylko funkcjonalności dla US1D identyfikacja wady, a dla US2D identyfikacja wady i jej położenie.

Str. 112 - W tytule „Zrozumienie” może raczej zdefiniowanie, zamiast „wybór przyczyn” może identyfikacja itp.

Str. 113 - Dlaczego na wykresie zabrakło lat pomiędzy 2019, a 2022 patrz też str. 132 brak konsekwencji.

Str. 119 - Co oznacza sformułowanie „zbyt niska zdolność ilościowa” ?.

Str.130 - W systematyce norm nie procesy potwierdza się certyfikatami, a systemy.

Str. 137 - Co oznacza sformułowanie „zdolność linii” ?.

Str. 139 - Dlaczego dla danych zawartych na rys.5.73 wprowadzono korelację liniową dla wykresu 5.73c wyraźnie widać, że lepsza byłaby korelacja wielomianowa.

Str. 140 - Analogicznie jak powyżej, odniesienia do zespołu bez wyraźnego wydzielenia wkładu Autora dysertacji.

Str. 146 - W pracy rozdział wnioski powinien być przed podsumowaniem. Pomyłono w pracy, co to jest podsumowanie, a co to są wnioski. W podsumowaniu nie powinno się zawierać już rysunków. A końcowa sentencja powinna być syntetycznym opisem osiągnięcia. Podsumowanie nie może być jedynie wypunktowaniem jak ma to w dysertacji miejsce. Dodatkowo skoro Autor nie numerował wprowadzenia nie powinien również numerować ostatniego rozdziału zawierającego podsumowanie.

Uwagi szczegółowe

Występujące w pracy błędy edytorskie, stylistyczne czy językowe nie wpływają znacząco na jakość przekazywanych informacji. Poniżej wymienię błędy, na które należy zwrócić szczególną uwagę w przyszłości.

Str. 3 - Autor stosuje skrót dotyczący zakładu „F-M Gorzyce”, nie zawarł w tekście wyjaśnienia zastosowanego skrótu.

Str. 3 - Autor wprowadza szereg akronimów, wyjaśnia najbardziej znany z nich Lean Manufacturing, pozostałe nie. W pracy często brak jest wyjaśnienia stosowanych akronimów lub pojawiają

się one w innych miejscach w tekście, nie podczas pierwszego zastosowania. Należało na początku dysertacji wszystkie je objaśnić.

Str.3 - Transmisja to nie przetwarzanie danych, to samo str. 72.

Str. 4 - Na stronie mamy tytuł „Przegląd aktualnego stanu wiedzy”. Czego, wiedzy o czym ?.

Str. 3 - str. 4- Lean Manufacturing w tekście raz wielką litera raz małą.

Str. 4 - Akapity w całej pracy należy ujednolicić.

Str. 9 - „Odnosząc się tabeli” powinno być odnosząc się do tabeli.

Str. 12 - Nie „powietrzną magazynową” a powierzchnią magazynową.

Str. 14 - Autor pisze „Z analizy Lean Enterprise...” brak literatury.

Str. 15 - Brak objaśnienie akronimów FMEA, TPM, VSM, a np. akronimy LM, KPI, SZJ są wyjaśnione.

Str. 19. - Nie grupowanie, a klasyfikacja – tab. 1.5.

Str. 20. - Niejednorodny sposób wypunktowań.

Str. 27 - Ponownie brak objaśnień akronimów.

Str. 28 - Rys. 1.1 zawiera opisy w języku angielskim, ustawa o języku polskim stanowi, że językiem nauczania oraz językiem egzaminów i prac dyplomowych w szkołach publicznych i niepublicznych wszystkich typów, w państwowych i niepaństwowych szkołach wyższych oraz w placówkach oświatowych i innych instytucjach edukacyjnych jest język polski, chyba że przepisy szczególne stanowią inaczej.

Str. 33 – Rys. 1.1 W pracy na rysunku jest „wyznaczenie wirtualnych algorytmów inżynierii odwrotnej” nie dzielimy algorytmów na wirtualne i rzeczywiste.

Str. 36, 38 – itd. Problemem pracy jest częsty podział na krótkie podpunkty. Tekst rozdziału, podrozdziału, podpunktu powinien zawierać wprowadzenie, część zasadniczą i posumowanie. Tekstu nie kończymy podpunktami, tabelą czy rysunkiem. Dotyczy to rysunków zamieszczonych na stronach 40, 43, 44, 45, 47, 55, 57, 58, 77,79, 91, 92, 99, 111, 112, 113, 124, 137, 145, tabel zamieszczonych na stronach 22, 25, 26, 42, 83,111 oraz wypunktowań na stronach 11, 24, 47, 48, 73, 75, 78, 85, 94, 130, 155.

Str. 39 - Przemysł 4.0 czy przemysł 4.0. Brak ujednolicenia mała czy wielka litera

Str. 43 - Jeśli używamy nazwy robot Kuka, to należy wykorzystać albo samo robot lub podać serię. W zaprezentowanym przypadku wygląda to jak reklama firmy.

Str. 46. - Dlaczego tekst nazwano tabela ?.

Str. 47. - Tytuł powinien być np. Narzędzia 5S, a nie 5S.

Str. 48 - Nie zalecam stosowania skrótu VS w tytułach.

Str. 57 - Nieprecyzyjny zwrot „od czasu do czasu”.

Str. 56 - „Tłok nie przeszedł,” tłoki nie chodzą.

Str. 57 - „Klientowskie” chyba klienta, to samo str.111 tab. 5.6.

Str. 60 - Błędne podpisy rys 2.22. Nie udział, który byłby np. procentowy, a liczba. Występują dwa podpisy osi poziomej raz „typów wad tłoka” raz „rodzajów wad”.

Str. 66 - Sformułowanie „odrzutów” nie jest poprawne.

Str. 82 - Tabela 5.3 nieczytelna. Dwa razy podpisana i są to różne podpisy. W nagłówku podpis jest inny niż w podpisie dolnym pod rysunkiem. Taka nomenklatura dotyczy szeregu rysunków w pracy.

Nieczytelność rysunków jest bardzo słabą stroną pracy i dotyczy dwudziestu czterech rysunków, są to rys. 2.10, 2.17, 5.6, 5.7, 5.14, 5.15, 5.23, 5.35, 5.36, 5.37, 5.46, 5.47, 5.49, 5.50, 5.57, 5.63, 5.64, 5.65, 5.66, 5.69, 5.72, 5.74, 5.78, 5.79.

Str. 86 - Rys. 5.7 Co oznaczają kolory na rysunku, brak legendy. Dlaczego wszystkie opisy są w języku polski oprócz jednego „Action Plan” ?.

Str. 89 - Rys. 5.10, błędny podpis osi x nie jest to „liczba” operatorów.
Str. 92 - Tab. 5.2, powinna zawierać tłumaczenia własne, nie w całości być w językach obcych.
Str. 100 - Rys 5.24, brak osi do wykresu Lorentza.
Str. 111 - Rys. 5.38 ma dwa podpisy górny i dolny który wybrać.
Str. 100 - Rys 5.42a, brak osi do wykresu Lorentza.
Str. 113 - Brak podpisu osi na rys 5.42 a.
Str. 113 - Oś na rys. 5.42 zatytułowana „Tytuł osi”.
Str. 115 - „Robocizna” chyba roboczogodziny.
Str. 118 - Rys. 5.47, nieczytelny, patrz też strona 132.
Str. 125 - Opis rys. 5.53 w języku angielskim.
Str. 137 - Nie „zbieranie danych” może rejestracja lub akwizycja.
Str. 157 - Powtarzająca się pozycja literatury 27 i 54.

Konkludując wskazane błędy językowe, edytorskie, zapożyczenia czy zwroty o charakterze slangowym nie wpływają znacząco na jakość przekazywanych treści. Są wskazówką dla Autora na przyszłość, pozwalającą na unikanie takich samych czy analogicznych nieprawidłowości.

Kluczem do oceny są wymagania stawiane przez ustawodawcę w Art.187. pkt. 3.

Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

Przesłane do oceny materiały przeanalizowałem pod kątem pracy wdrożeniowej i na tej podstawie sformułowałem ostateczny wniosek.

4 Wnioski końcowe

Dysertacja dotyczy poprawy funkcjonowania procesu obróbki mechanicznej odlewów tłoków do silników spalinowych na przykładowej linii DL9, mieszczącej się w zakładzie Federal-Mogul Gorzyce Sp. z o.o. Wykazano zwiększenie zdolności produkcyjnych poprzez zastosowanie narzędzi Lean Manufacturing. W ramach pracy wykonano mapowanie procesu obróbki tłoków, zidentyfikowano obszary poddane doskonaleniu, na podstawie analizy wskaźnikowej wdrożono usprawnienia. Poprawność podjętych działań została potwierdzona wynikami wdrożeń i ich analizą.

Uważam, że opiniowana praca Pana mgr. inż. Adama Krępy spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w rozumieniu Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 20.04.2023 r., poz. 742) i może być dopuszczona do dalszego procedowania.

Andrzej Burghardt