

Environmental design feature

Czwarta cecha konstrukcyjna

JÓZEF FLIZIKOWSKI *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2020.1.3>

The purpose of the study is to identify the need to address the environmental, usability and harmfulness of the structure (design), the rational development of the essence of the fourth design feature of machine components, equipment and other engineering and technical facilities as well as the environment. Known to the designers of machine construction and technology, three design features are commonly used: geometric, material and dynamic, oriented on the form, dimension and tolerance of the outer form, internal structure and the assembly capabilities of the design elements. The development of technology indicates the possibility of expanding the concept of three design features, along with an environmental characteristic, as the root causes, functional and secondary existence of machinery, equipment, installation, also the environment. The aim of the study was achieved, indicating environmental useful values of the structure, in the proposal for a general outline of the essence of the fourth design feature of machine components, equipment and other engineering and technical facilities, on the example of turbine blades of windmills.

KEYWORDS: machine design, environment, resources, potential for action, harmlessness

Celem opracowania jest wskazanie potrzeby zajęcia się środowiskowością, użytecznością i szkodliwością konstrukcji, racjonalnym opracowaniem istoty czwartej cechy konstrukcyjnej elementów maszyn, urządzeń i innych obiektów inżynierijno-technicznych oraz środowiska. Znane twórcom konstrukcji maszyn i techniki są powszechnie stosowane trzy cechy konstrukcji: geometryczna, materiałowa i dynamiczna, skierowane na postać, wymiar i tolerancję formy zewnętrznej, struktury wewnętrznej i możliwości montażowe elementów konstrukcji. Rozwój technologii wskazuje na możliwość rozszerzenia pojęcia trzech cech konstrukcyjnych, wraz z cechą środowiskową, jako pierwotnych, funkcjonalnych i wtórnych przyczyn istnienia maszyn, urządzeń, instalacji oraz środowiska naturalnego. Osiągnięto cel opracowania, wskazując środowiskowe, użyteczne wartości konstrukcji oraz formułując propozycję ogólnego zarysu istoty czwartej cechy konstrukcyjnej elementów maszyn, urządzeń i innych obiektów inżynierijno-technicznych, na przykładzie łopat turbin wiatraków.

SŁOWA KLUCZOWE: konstrukcja maszyn, środowisko, zasoby, potencjał działania, szkodliwość

Wprowadzenie

Pomimo ogromnej liczby publikacji na temat konstrukcji, haseł w encyklopediach (ponad 70 000 w 2002 r.) [5] i źródłach elektronicznych (61,9 mln pa-

sujących wyników w wyszukiwarce Google w 2019 r.) związanych bezpośrednio lub pośrednio z konstrukcją, nie można rozsądzić, co na pewno jest konstrukcją, a co nią nie jest. Wielu specjalistów z zakresu mechaniki, budowy maszyn (inżynierii mechanicznej), informatyki i częściowo architektury uważa ją za abstrakcję. Równie wielu zwolenników ma definicja konstrukcji rozumianej jako konkret. Można przyjąć, że jest to zespół elementów obiektu połączonych ze sobą w funkcjonalnie celową całość lub zespół cech określających celowo zbudowany obiekt albo jego część [2, 4–6, 14, 18–20].

Celowość techniczna, ekonomiczna, ekologiczna i możliwości wytwórcze konstrukcji opierają się na racjach konstruktora – tak mocno związanych z rozsądkiem.

Celem opracowania jest próba znalezienia odpowiedzi na pytanie: jak rozsądnie dobrać cechy konstrukcyjne (własności), aby zminimalizować niszczenie środowiska, czyli spełniać kryteria ograniczenia konsumpcji zasobów naturalnych i ograniczenia emisji zanieczyszczeń (minimalizacji szkodliwości). Byłaby to bardzo cenna wiedza, jednak z założenia, dobierając cechy konstrukcyjne systemu technicznego, a potem wprowadzając system techniczny do środowiska, zmieniamy konstrukcję tego środowiska, a system techniczny przybiera znamiona środowiska itd. Czy nie ma więc potrzeby, aby się zająć środowiskową cechą konstrukcyjną?

Jest więcej pytań, a próbę odpowiedzi na jedno z nich – o środowiskową, czwartą cechę konstrukcyjną – chociaż po części, podjęto w tym opracowaniu.

Trzy cechy to za mało

Struktura systemu naukowego konstrukcji od czasów Arystotelesa wzoruje się na matematyce i prowadzi do konkretnego efektu końcowego (rys. 1). Obejmuje bowiem podział zdań teorii naukowej na przesłanki, założenia i twierdzenia niezawodnie z nich wnioskowane, według czytelnej lub intuicyjnej struktury.

Potencjał konstrukcyjny jest istotą przemian, jest tym, czym może być – stawać się w przyszłości – stanem i dopuszczalnymi zmianami warunków technicznych (W_T , środków, sposobów, czynności) niezbędnych do wystąpienia stanu postulowanego (SP): zaistnienia wartości (jakości produktu, efektywności procesu, nieszkodliwości produktu i procesu). Przykładowo: łopaty siłowni wiatrowych mają określoną

* Prof. dr hab. inż. Józef Flizikowski, fliz@utp.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0001-7264-7776> – Instytut Technik Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej UTP w Bydgoszczy



Fig. 1. The effect of the process of forming a 107 m 12 MW wind turbine blade, LM factory in Cherbourg, France, project manager MSC. Łukasz Cejrowski (graduate of WIM UTP, Bydgoszcz) [21]

Rys. 1. Efekt procesu formowania 107 m łopaty turbiny wiatrowej o mocy 12 MW, fabryka LM w Cherbourgu, Francja, kierownik projektu mgr inż. Łukasz Cejrowski (absolwent WIM UTP w Bydgoszczy) [21]

konstrukcję, zgodnie z którą są wykonane z kompozytów; na rdzeń nawijane są tekstylne wzmocnienia, nanoszone są napełniacze i specjalistyczne powłoki powierzchniowe. Efektywność procesu jest analizowana, oceniana i rozwijana w trzech aspektach: ekologicznym, ekonomicznym i energetycznym.

Przyczyny istnienia konstrukcji inżyniersko-technicznej i środowiska, ich ruchu są cztery (za Arystotelesem): materialna, formalna, sprawcza i celowa. Chociaż na samym początku jest substancja i istota, ponieważ to, dlaczego jakaś konstrukcja powstanie, będzie eksploatowana i zostanie zlikwidowana, zależy od jej twórcy, przyczyny i zasady jej powstania. Materia (materiał, tworzywo konstrukcyjne), z której zostaje wytworzona, to pierwsza przyczyna istnienia konstrukcji. Forma, kształt, postać geometryczna (elementu, zespołu, zespołu konstrukcyjnego i całej maszyny), którą należy nadać materii, to druga przyczyna istnienia konstrukcji. Trzecią jest pierwszy ruch, montaż, początek ruchu jałowego, roboczego (formy materialnej), sprawiającego czynności, przedmioty, produkty, usługi. Czwartą przyczyną (poruszającą się formy materialnej) jest cel działania, dobro, wartości materialne, ekonomiczne, ekologiczne, które można sprawić przez działanie konstrukcji, ponieważ – jak powiedział Arystoteles [5] – *dobro (odtworzalne, nieodtworzalne, produkty, usługi) jest przyczyną wszelkiego powstawania i ruchu*.

Jaki jest kres konstrukcji inżyniersko-technicznej: co się dzieje z elementem konstrukcyjnym maszyny, którego cechy tracą wartości dopuszczalne? Jak wiadomo, taki element miał trzy cechy konstrukcyjne [1–6, 13, 14, 18–20]: geometryczną, materiałową i dynamiczną, a te miały trzy charakterystyki: postać, wymiar i tolerancję. Każda substancja, przyczyna, cecha ma określoną granicę, której przekroczenie powoduje, że konstrukcja elementu przestaje być tym, czym jest – traci swoje cechy istotne. Zmiana dopuszczalnych postaci, wymiarów, tolerancji cech geometrycznych powoduje, że element konstrukcyjny zamienia się w odpad. Podobne następstwa ma przekroczenie dopuszczalnych (a nawet tylko optymalnych) postaci, wymiarów i tolerancji cech materiałowych oraz cech dynamicznych.

Czy konstrukcją środowiska rządzą inne przyczyny niż konstrukcją inżyniersko-techniczną? Tu również zmiana dopuszczalnych postaci, wymiarów, tolerancji cech geometrycznych zasobów surowcowych (materiałowych, energetycznych, informacyjnych) prowadzi do kresu, sprawia, że zasób odkształca się, a np. nieodtworzalny – zanika. Przekroczenie dopuszczalnych (w środowisku: optymalnych) postaci, wymiarów i tolerancji cech materiałowych oraz cech dynamicznych wywołuje destrukcję bądź dewastację zasobów dóbr odtwarzalnych i nieodtworzalnych. I trudno tu mówić o odpadzie, ponieważ w tym, co pozostaje po odkształceniu, destrukcji i dewastacji, żyjemy!

Skoro dobra pierwotne (odtworzalne, nieodtworzalne) i dobra wtórne (produkty, usługi) są przyczyną wszelkiego powstawania i ruchu, to droga twórcy produktów obejmuje konstrukcje maszyn, budowli i środowiska – zasobów, potencjałów i szkodliwości (emisji, następstw, odpadów).

Droga ta opiera się na kilku tezach, wynikających z dociekań o stanie i przemianach poznania, tworzenia, wytwarzania, działania i następstw konstrukcji. Warto zacząć od aspektów inżyniersko-technicznych.

Po pierwsze: doświadczenie jakości konstrukcji. Już w dawnych czasach podejmowano problematykę zmian intensywności jakości, która dała wiedzy o przyrodzie, technice i technologii okazję do wypowiedzenia się o samym ich doświadczeniu.

Po drugie: dorobek wcześniejszych tytanów konstrukcji [1–3, 6, 10, 11, 13–14, 17–20]. W teoriach podważających zależność skutku od wcześniejszej przyczyny, tzw. zasadach bezwładności, jest miejsce na uszanowanie podstaw teorii i rozwiązań konstrukcyjnych jako dorobku prowadzącego do aktualnego dobrostanu, nawet jeśli na początku jedyną konstrukcją był chaos. Dzisiaj rozwój inteligentny (według definicji UE) polega na wiedzy i innowacji.

Po trzecie – gdzie się zaczyna, a gdzie kończy konstrukcja. Rozróżnienie systemu, strefy ochronnej i otoczenia. Zasługą obecnego stanu nauki jest możliwość sformułowania wniosku, który nie tylko stanowi owoc krytycznej refleksji nad dotychczasowym dorobkiem konstrukcji, lecz także jest zgodny z obowiązującymi zasadami metodycznymi – tam, gdzie istnieje opór środowiska naturalnego, działanie, oddziaływanie maszyn, urządzeń i budowli musi być tak zaprogramowane w konstrukcji, aby trwało pewien czas, przy czym długotrwałość tego działania zależy przede wszystkim od kultury przyrodniczej (pochłaniałości) środowiska i jakości konstrukcji (zwarłości, elastyczności środowiskowej).

Po czwarte – moralność konstruktora, czyli twórczość konstruktora wynikająca z kultury (inżyniersko-technicznej, społecznej), teorii i konstrukcji budowli, maszyn. Krytyka teorii relacji w ujęciu realistycznym i stwierdzenie, że poza substancją i jakością żadne kategorie arystotelesowskie nie mają korelatów w rzeczywistości, doprowadziły do likwidacji wielu tradycyjnych pojęć konstrukcji, a także zadań i problemów konstrukcji. Nie ma żadnych władz konstrukcji, różnych od niej samej, nie ma także ruchu, który nie jest identyczny z działaniem konstrukcji. Prawo

o proporcjonalności obciążeń i odkształceń (prawo Hooke'a, 1660 r.) w równym stopniu dotyczy elementu konstrukcji maszyn, jak i elementu środowiska naturalnego – z którego powstał element maszyn. Świadomość konstruktora to jasność i jednoznaczność słowa „konstrukcja”.

Doświadczenie, dorobek, granice konstrukcji i moralność konstruktora są zbiorami abstrakcji; dotyczą tak samo obiektów inżyniersko-technicznych, jak i dóbr pierwotnych. Równowartość techniki i przyrody jest wyraźnie odczuwalna w mieście. Dobrym przykładem są spaliny samochodowe, wiążące organicznie pojazdy z ludźmi, budowlami i samymi sobą. Spaliny utrudniają oddychanie, przenikają ubrania i ściany luksusowych budowli, są wchłaniane przez rośliny, zwierzęta, ludzi, a wreszcie trafiają z powrotem do układów zasilania samochodów i po raz kolejny są spalane. Stany konstrukcji zależą od jej przemian, np. silnik spalinowy jest smarowany olejem z opiłkami – domieszką produktu zużywania się jego elementów.

To przekonanie przyczynia się do ostatniego założenia autora: by przetwarzanie jakiegokolwiek życia, konstrukcji i kompozycji dzieła następowało na podstawie wyliczeń tak całkowitych i przeglądów tak powszechnych, aby mieć pewność, że nic nie zostało pominięte w życiu, konstrukcji, otoczeniu, a najlepiej w całym środowisku czy też społeczeństwie.

Kosmos i środowisko naturalne są pięknym, harmonijnym porządkiem. Wypełniają kryteria optymalizacji: optymalnego obciążenia, tworzywa, optymalnej stateczności i optymalnych stosunków wielkości związanych. Ograniczając kosmos do środowiska naturalnego, można znaleźć taki obszar analizy, który potwierdzi jego zwartość i jedność kompozycyjną – konstrukcyjny obszar rozpoznania, uwzględniający również konstrukcję rozpatrywanej budowli czy maszyny.

Konstruowanie maszyn i środowiska nie może być działaniem rozłącznym. Tworzenie tych ważnych i złożonych konstrukcji musi się opierać na zasadach i racjach konstrukcyjnych, a powinno się zawierać w nowej, czwartej – **środowiskowej cesze konstrukcyjnej**. Środowiskowa cecha konstrukcyjna będzie obejmowała: środowiskowe zasoby, potencjały działania, następstwa wytwarzania, eksploatacji i likwidacji elementu konstrukcyjnego. Następstwa materialne, geometryczne, dynamiczne, w tym zużycie zasobów, potencjałów działania, odpady, eutrofizację gleby oraz rakotwórczość w środowisku.

Wątpliwości metodologiczne budzi czwarta grupa cech konstrukcyjnych środków technicznych – ze względu na ochronę środowiska w trakcie wytwarzania, użytkowania i utylizacji. Brakuje opisu tzw. wymiarów i tolerancji środowiskowych. Jak tworzyć zapis konstrukcji z uwzględnieniem proponowanej czwartej grupy cech konstrukcyjnych: zasobów, potencjałów i szkodliwości?

Nowe treści wprowadzają chaos projektowo-konstrukcyjny i poważne błędy w projektowaniu oraz konstruowaniu środków technicznych. Przykładowo: cechy geometryczne są opisane przez postać geometryczną i wymiary geometryczne, natomiast dopuszczalny rozkład struktur zewnętrznych jest opisany przez: tolerancje wymiarowe, chropowatości powierzchni oraz tolerancje kształtu i położenia. Czwarta grupa (środowiskowych) cech konstrukcyjnych opisuje właściwości, a nie własności. Własności się dobiera, a właściwości są podstawą oceny i tworzą układ kryteriów, ze względu na który dobiera się cechy konstrukcyjne, np. cechy geometryczne i cechy tworzywowe łopaty wirnika siłowni wiatrowej. Błędne jest używanie pojęcia „element konstrukcyjny”, ponieważ element jest konkretem, natomiast konstrukcja – abstraktem.

Zużywanie zasobów polega na dopuszczalnym traceniu zasobów wytrzymałości, cech geometrycznych i dynamicznych konstrukcji [5] – konstrukcja raz została opracowana i zapisana w dokumentacji konstrukcyjnej, a ta się nie zmienia. Natomiast zmieniają się cechy elementu na skutek zużycia lub starzenia się itd.

Środowiskowa cecha konstrukcyjna maszyn

Konstrukcja opisuje struktury i stany przyszłego środka technicznego [2, 6], nie opisuje dla przyszłej maszyny przemian konstrukcji, następstw jej działania, składowania i recyklingu. Wiadomo powszechnie, że konstrukcja, jako przyczyna istnienia maszyny, po przekazaniu i rozpoczęciu eksploatacji aż do likwidacji nie zanika (tablica).

Jeżeli cechą konstrukcyjną utożsamia się z arystotelesowską przyczyną istnienia (tablica), to z jednej strony będzie ona miała charakter: pierwotny (na poziomie środowiskowym), funkcjonalny (na poziomie systemu technicznego) i wtórny (związany z zakończeniem pierwszego istnienia i powrotem do środowiska); a z drugiej – czytelne znamiona cech geometrycznych,

TABLE. Primary, functional and secondary causes of the structural element
TABLICA. Przyczyny pierwotna, funkcjonalna i wtórna elementu konstrukcyjnego

Lp.	Przyczyna	Pierwotna	Funkcjonalna	Wtórna
1	Geometryczna	Geometryczna forma środowiska naturalnego zużytego na element	Postać, wymiar i tolerancja geometryczna elementu	Geometryczna forma odpadu
2	Materiałowa	Struktura wewnętrzna materiału środowiska naturalnego	Postać, wymiar i tolerancja materiałowa elementu	Struktura wewnętrzna odpadu
3	Dynamiczna, sprawcza	Obciążenia i odciążenia środowiska z tytułu zaniku formy i materii	Postać, wymiar i tolerancja obciążeń montażowych oraz użytkowych elementu	Obciążenia odpadem
4	Środowiskowa	Zasoby, potencjały środowiska zużyte i szkodliwości na element	Postać, wymiar i tolerancja zasobów, potencjałów niezawodności i szkodliwości elementu	Zasoby, potencjały i szkodliwości środowiskowe odpadu

materiałowych, dynamicznych i środowiskowych, również w ujęciu pierwotnym, funkcjonalnym i wtórnym.

Autorzy prac [10, 20] podejmują ten aspekt konstrukcji, podobnie w [4, 5, 7–9, 12, 15, 16], ale nie formułują istoty środowiskowej cechy konstrukcyjnej. Skoro konstrukcja w trakcie eksploatacji maszyny nie zanika, można powiedzieć, że jako abstrakcja „jest”, to jej cechy powinny opisywać struktury, stany i przemiany maszynowe oraz środowiskowe.

Te stany, przemiany geometryczne, materiałowe i dynamiczne można częściowo obliczyć na podstawie znanych definicji cech konstrukcyjnych, wprowadzając drobne dopełnienia. Współczesne systemy wspomagania konstrukcji, np. Solid Edge [15], obliczają skutki, charakterystyki następstw w cyklu życia maszyn [9], jednak nie realizują tego na podstawie definicji czwartej, środowiskowej cechy konstrukcyjnej.

Podstawowe cechy konstrukcyjne są trzy:

$$CK = C_g \cup C_m \cup C_d \quad (1)$$

$$CK = C_g \cup C_m \cup C_d = f \left\{ \begin{array}{l} \Pi_g \cup W_g \cup T_g \\ \Pi_m \cup W_m \cup T_m \\ \Pi_d \cup W_d \cup T_d \end{array} \right\} \quad (2)$$

po wprowadzeniu drobnych dopełnień, to [2, 5, 6, 19, 20]:

- **cechy geometryczne** ($C_g = f(\Pi_g \cup W_g \cup T_g)$), określone przez postać geometryczną, wymiar i tolerancję wykonania przedmiotu, będące koniecznym i wystarczającym warunkiem dla wytwórców podejmujących się wykonania formy geometrycznej wytworu według zamierzonej konstrukcji (przykład: struktura zewnętrzna łopaty turbiny wiatrowej); również określone przez postać geometryczną, wymiar i tolerancję zmian, następstw geometrycznych w środowisku do przygotowania i wykonania przedmiotu (np. łopaty);

- **cechy materiałowe** ($C_m = f(\Pi_m \cup W_m \cup T_m)$), określone dopuszczalnymi właściwościami tworzywa konstrukcyjnego oraz jego strukturą wewnętrzną (przykład: materiał z jakiego wykonana będzie łopata, dobór tworzyw); również określone środowiskowym zużyciem energii i ciepła na otrzymanie dopuszczalnych (optymalnych) właściwości materiałowych tworzywa konstrukcyjnego oraz jego struktury wewnętrznej;

- **cechy dynamiczne** ($C_d = f(\Pi_d \cup W_d \cup T_d)$), określające stan i wymagania montażowe, np. napięcie wstępne w śrubach czy sprężynach albo stopień ruchliwości względnej elementów (przykłady: cechy montażowe – siła, docisk); również określające obciążenia środowiska, stany mocy i energii niezbędne do montażu elementów w podzespoły, zespoły i maszyny gotowe do działania.

Skoro cecha konstrukcyjna to własność elementu materialnego, stanowiąca logiczną sumę jego postaci konstrukcyjnej, układu wymiarów i tolerancji, która dotyczy geometrycznych, materiałowych, dynamicznych i środowiskowych charakterystyk konstrukcyjnych elementu maszynowego, pozostaje do przeprowadzenia racjonalne zdefiniowanie środowiskowej cechy konstrukcyjnej.

Środowiskowa cecha konstrukcyjna (C_s) jest określona przez:

$$C_s = f(\Pi_s \cup W_s \cup T_s) \quad (3)$$

gdzie:

- Π_s – postać zasobów materialnych, potencjałów działania, emisji i szkodliwości, które wykorzystano dla wytworzenia elementu, a w jego eksploatacji – można je zrealizować;

- W_s – wymiary i T_s – tolerancje tych zasobów, potencjałów, emisji i szkodliwości przedmiotu (elementu, podzespołu, zespołu i całej konstrukcji maszyny), będące koniecznym i wystarczającym warunkiem dla inżynierów podejmujących tworzenie wytworu według zamierzonej konstrukcji (przykład: wymiar i tolerancja zużytych zasobów środowiska naturalnego i wytworzenie z nich zasobów wytrzymałości, potencjału początkowego, użytecznego, nieużytecznego i do odzyskania; emisja drgań, ciepła, spalin, ścieków, wiórów, odpadów, związków rakotwórczych w potencjale konstrukcji łopaty turbiny wiatrowej); również określone przez postać zużywanych zasobów materialnych, formalnych potencjałów działania, emisji i szkodliwości ich wymiarów i tolerancji dopuszczalnych (lub nie) zmian, następstw materialnych, formalnych i sprawczych w człowieku, środowisku – dla wszystkich faz cyklu życia przedmiotu.

Teraz zintegrowane środowiskowo cechy konstrukcji przybierają postać:

$$CK = C_g \cup C_m \cup C_d \cup C_s = f \left\{ \begin{array}{l} \Pi_g \cup W_g \cup T_g \\ \Pi_m \cup W_m \cup T_m \\ \Pi_d \cup W_d \cup T_d \\ \Pi_s \cup W_s \cup T_s \end{array} \right\} \quad (4)$$

Wyjaśnienia wymagają pojęcia postaci środowiskowej cechy konstrukcji (Π_s): **zasobów, potencjału środowiskowego, emisji i szkodliwości** konstrukcji. Chodzi np. o wyposażenie konstrukcji w **zasób** wytrzymałościowy, strukturalny w procesie konstruowania i używanie go w trakcie eksploatacji. Wyposażenie we właściwości wytrzymałościowe do przenoszenia obciążeń technicznego i naturalnego środowiska działania, np. zmęczenia, korozji, odkształceń, deformacji sprężystości, plastyczności czy skrawania międzyelementowego. **Zużywanie zasobów** polega na dopuszczalnym traceniu zasobów wytrzymałości, cech geometrycznych i dynamicznych konstrukcji na skutek kumulacji i historii obciążeń. Natomiast postać **zmiany potencjału** konstrukcji jest charakteryzowana dynamiką zmian od stanu początkowego, poprzez trwanie użyteczne, nieużyteczne, również odtworzenie potencjału, np. lokalne umocnienie. **Emisje** jako postać środowiskowych cech konstrukcji dotyczą z jednej strony emisji ciepła, drgań, hałasu elementów konstrukcyjnych, z drugiej – spalin, ścieków, dwutlenku węgla, związków azotu, siarki, pyłów itd. towarzyszących jej działaniu. **Szkodliwości** elementów konstrukcji, np. emulsji, olejów, smarów i innych płynów konstrukcyjnych, ujawniają się w postaci szkodliwości dla zdrowia ludzi, również eutrofizacji gleby i degradacji środowiska

na skutek realizacji twórczej, wytwórczej, eksploatacyjnej i likwidacyjnej konstrukcji w jej cyklu życia.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że podstawowe cechy konstrukcyjne są cztery:

$$CK = C_g \cup C_m \cup C_d \cup C_s \quad (5)$$

O dopuszczalnym stanie, przemianach, traceniu właściwości, zasobów, potencjałów, emisji i szkodliwości decyduje jakość. Wszystkich argumentów za wprowadzeniem czwartej cechy konstrukcyjnej nie można omówić w krótkim artykule inżyniersko-technicznym. Można jednak już teraz podać środowiskowe cechy konstrukcyjne, np. emisję CO₂ (rys. 2).

Przykład

Coraz częściej prowadzi się badania naukowe obejmujące wyznaczanie postaci, wymiarów, tolerancji cech środowiskowych konstrukcji maszyn: zasoby i potencjały szkodliwości według procedur LCA (*live cycle assessment*). Przede wszystkim bada się negatywny wpływ wytwarzania, eksploatacji i złomowania elementów konstrukcyjnych na środowisko naturalne, zdrowie ludzi oraz jakość ekosystemów wodnych i lądowych. Wśród kategorii oddziaływań środowiskowych wpływających na cykl życia konstrukcji wirnika elektrowni wiatrowej (rys. 2 i 3) [8, 15] rzuca się w oczy szczególnie duża rola procesów związanych z wydobyciem paliw kopalnych (5.165,5286 Pt, Pt – punkty środowiskowe Unii Europejskiej (jednego Europejczyka) są zgodne z układem SI). Istotne są również procesy związane z wydobyciem minerałów oraz związki powodujące zmiany klimatu (532,3707 Pt), w tym dwutlenek węgla (42,54%), 1,1,1,2-tetrafluoroetan (39,79%) i metan (15,9%).

Najmniejszym wpływem środowiskowym charakteryzują się związki promieniotwórcze (14,9206 Pt), spośród których można wyróżnić przede wszystkim

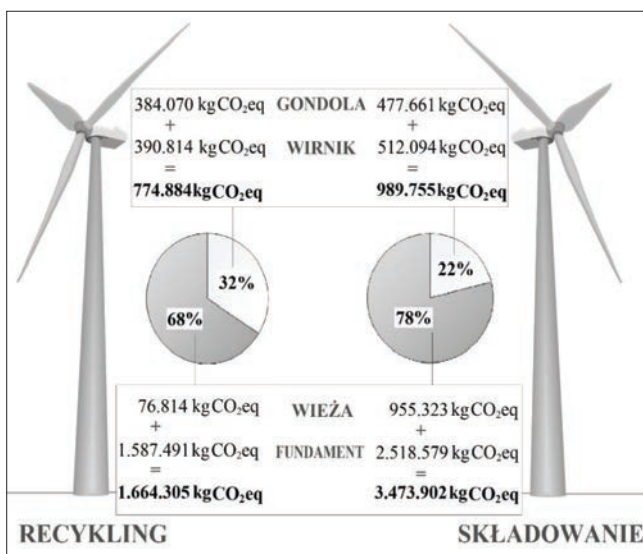


Fig. 2. Greenhouse gas emissions over the life cycle of selected wind farm components ending in recycling or storage [8]

Rys. 2. Emisja gazów cieplarnianych w cyklu istnienia wybranych elementów elektrowni wiatrowej, kończących się recyklingiem lub składowaniem [8]

izotopy radonu²²² (84,6%), cezu¹³⁷ (5,21%) i węgla¹⁴ (1,81%). Dla modelu zagospodarowania użytkowego konstrukcji łopatek wirnika turbiny wiatrowej, w formie recyklingu, istotna jest znacząca pozytywna rola procesów związanych z wydobyciem paliw kopalnych (-6.100 Pt). Duże znaczenie mają również związki powodujące zmiany klimatu (-216 Pt), zakwaszenie/eutrofizację (-123 Pt), zwłaszcza tlenek azotu (92,3%) i tlenek siarki (7,76%), oraz procesy związane z wydobyciem minerałów (-71 Pt), w tym wydobycie boksytów (80,6%) i rud żelaza (19,4%). Najmniej istotny wpływ mają związki ekotoksyczne (63,8 Pt), a wśród nich: ołów (66,1%), nikiel (17,4%) i cynk (16,5%).

Podczas badania i oceny oddziaływania cyklu życia konstrukcji wirnika elektrowni wiatrowej dużej mocy (2 MW), który kończył się na wysypisku odpadów (rys. 3), największy wpływ na łączny poziom zasobów miały procesy związane z wydobyciem paliw kopalnych (5.165,5286 Pt), minerałów (911,7851 Pt) oraz użytkowaniem gruntów (235,055 Pt), zwłaszcza zajęcie przez obszar przemysłowy (33,3%), użytkowanie gruntów II-III (23,4%), przekształcenie w zabudowę ciągłą (22,9%), przekształcenie w obszar przemysłowy (11%), zajęcie przez zabudowę ciągłą (3,81%), użytkowanie gruntów III-IV (1,33%) i użytkowanie gruntów II-IV (1,2%). Najmniejszy negatywny wpływ na zasoby miały związki promieniotwórcze (14,9206 Pt).

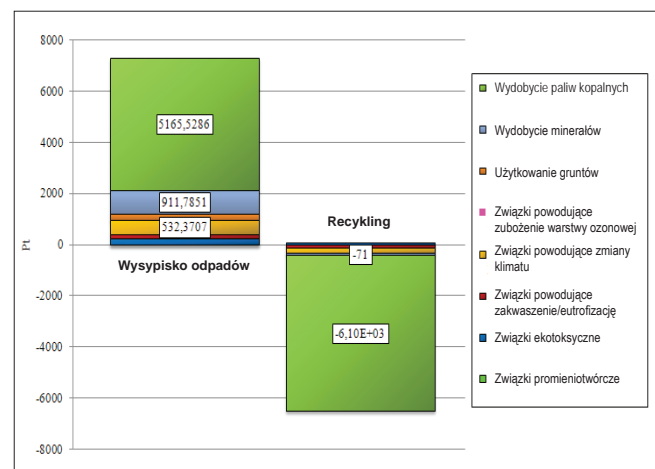


Fig. 3. Impact of the life cycle of a wind farm rotor structure including the category of environmental impacts [15]

Rys. 3. Oddziaływanie cyklu życia zespołu roboczego konstrukcji wirnika elektrowni wiatrowej z uwzględnieniem kategorii oddziaływań środowiskowych [15]

W modelu recyklingu – jako formy zagospodarowania użytkowego konstrukcji łopatek wirnika – uwzględniono dwie kategorie oddziaływań środowiskowych: wydobycie paliw kopalnych i minerałów. Największy wpływ na zmniejszenie łącznego poziomu zużycia zasobów sozologicznych miało wydobycie paliw kopalnych (-6.100 Pt), a najmniejszy – minerałów (-71 Pt) (rys. 3).

Podsumowanie

Już od średniowiecza funkcjonują opinie i programy badawcze, w których jako filary nauki stawiane są potrzeby: opanowania przyrody, rządzenia przyrodą czy

ulepszania przyrody jako celu aktywności poznawczej i praktycznej. Zwraca uwagę fakt, że konstrukcja teoretyczna nie mogła być krępowana przez żadne systemy wiedzy, a istniejące od średniowiecza teorie naukowe, mając wartość względną, mogą być zastąpione przez poprawniejsze, odpowiadające nowym osiągnięciom w dziedzinie wiedzy eksperymentalnej i refleksji teoretycznej. Uświadomienie sobie jednak wszystkich konsekwencji tych założeń dla konstrukcji jest dziełem współczesnych nam twórców nauk inżynierijno-technicznych w zakresie konstrukcji.

Przyjęcie stanowiska, zgodnie z którym konstrukcja jako nauka praktyczna spełnia funkcję prognostyczną oraz techniczną, pociąga więc za sobą konieczność uznania jej zarazem za naukę empiryczną oraz indukcyjną. Należy położyć nacisk na łączne ujmowanie obu tych właściwości. Rzetelnie budowana i przydatna dla praktyki polepszania środowiska strategia rozpoznania stanów i przemian konstrukcji maszyn w obiegach technologicznych, środowiskowych oraz odpadów po ich eksploatacji, musi wychodzić od badania konkretnych faktów rzeczywistości, ale fakty te musi z kolei odpowiednio klasyfikować i uogólniać teoria konstrukcji maszyn i środowiska naturalnego.

Celem opracowania było wskazanie środowiskowości (użyteczności i nieszkodliwości) konstrukcji oraz przybliżenie istoty czwartej (środowiskowej) cechy konstrukcyjnej elementów maszyn, urządzeń i innych obiektów inżynierijno-technicznych.

Dotychczas konstruując, wytwarzając i eksploatując budowle oraz maszyny, sporadycznie zajmowano się ich zawartością organiczną, jednością kompozycyjną z życiem, wybranymi obszarami i obiektami środowiska.

Wnioski

Osiągnięto cel opracowania, wskazując potrzebę środowiskowego ujęcia użyteczności i nieszkodliwości konstrukcji w propozycji istoty czwartej cechy konstrukcyjnej elementów maszyn, urządzeń i innych obiektów inżynierijno-technicznych, np. łopat turbin wiatraków.

Konstrukcyjne cechy geometryczne, materiałowe, dynamiczne i środowiskowe odpowiadają zewnętrznym i wewnętrznym strukturom oraz stanom wytworu i środowiska naturalnego. Konstrukcja maszyny jako struktura i stan optymalny, dopuszczalny, wliczalny, w zakresie: geometrycznym (formy), tworzywowym (materii), sprawczym (montażowym, jałowym, roboczym) i środowiskowym (zasobów, potencjałów, szkodliwości) jest stworzonym przez człowieka, celowym technicznym układem środowiska naturalnego. Jest więc oczywiste, że ma środowiskowe cechy konstrukcyjne.

Cel został osiągnięty na drodze formułowania licznych pytań i odpowiedzi oraz rozwiązywania problemów. Najważniejszą wątpliwością było to, czy konstrukcją środowiska rządzą inne przyczyny niż konstrukcją inżynierijno-techniczną. Na to pytanie, z pogranicza teologii, można odpowiedzieć, że w śro-

dowisku zmiana dopuszczalnych postaci, wymiarów, tolerancji cech geometrycznych, materiałowych i dynamicznych oraz zasobów surowcowych (materiałowych, energetycznych, informacyjnych) prowadzi do kresu, powoduje, że zasób odkształca się, a np. nieodtworzalny – zanika. Przekroczenie dopuszczalnych (w środowisku – optymalnych) postaci, wymiarów i tolerancji zasobów, potencjałów oraz szkodliwości wywołuje destrukcję bądź dewastację zasobów dóbr odtwarzalnych i nieodtworzalnych. Trudno tu mówić o odpadzie, ponieważ w tym, co pozostaje, żyjemy – czy więc jest to wartościowy zasób, potencjał środowiskowy?!

LITERATURA

- [1] Dietrich M. i in. „Podstawy konstrukcji maszyn”. T. I. Warszawa: PWN, 1986.
- [2] Dietrych J. „System i konstrukcja”. Warszawa: WNT, 1985.
- [3] Dziama A. „Metodyka konstruowania maszyn”. Warszawa: PWN, 1985.
- [4] Flizikowski J. „Konstrukcja rozdrabniaczy żywności”. Bydgoszcz: WU UTP, 2005.
- [5] Flizikowski J. „Rozprawa o konstrukcji”. Radom: Wyd. Instytutu Techn. Eksploat., 2002.
- [6] Gendarz P. „Metodologia projektowania i konstruowania Szkoły Śląskiej i jej wpływ na ukształtowanie się zasad konstruowania”. KAMAG, *Górnictwo Odkrywkowe*. Gliwice, 2012: 49–55.
- [7] Kamyk W. „Badanie i rozwój zintegrowanego układu wielotarczowego rozdrabniania ziaren kukurydzy”. Rozprawa doktorska. Bydgoszcz: UTP w Bydgoszczy, 2008.
- [8] Kasner R. „Ocena korzyści i nakładów cyklu życia elektrowni wiatrowej”. Rozprawa doktorska. Poznań: PP, 2016.
- [9] Kłos Z. „Środowiskowa ocena maszyn i urządzeń”. Poznań: Wydawnictwa Politechniki Poznańskiej, 1998.
- [10] Kocańda S., Szala J. „Podstawy obliczeń zmęczenia”. Warszawa: PWN, 1985.
- [11] Kowalski J. „Modelowanie obiektów konstrukcyjnych w projektowaniu optymalnym”. Warszawa: WNT, 1983.
- [12] Kruszelnicka W., Bałdowska-Witos P., Flizikowski J., Tomporowski A., Ropińska P., Ignaczak P. “The blowing proces of a PET bottlers”. *International Scientific Journal – Machines. Technologies. Materials*. WEB ISSN 1314-507X; PRINT ISSN 1313-0226, 2019.
- [13] Osinski Z., Wróbel J. „Teoria konstrukcji maszyn”. Warszawa: PWN, 1982.
- [14] Pahl G., Beitz W. „Nauka konstruowania”. Warszawa: WNT, 1984.
- [15] Piasecka I. „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych”. Rozprawa doktorska. Poznań: PP, 2014.
- [16] Sadkiewicz J. „Prowdrożeniowe badanie efektywności pracy wielotarczowego rozdrabniacza ziaren zbóż”. Rozprawa doktorska. Bydgoszcz: UTP w Bydgoszczy, 2014.
- [17] Skarbinski M., Skarbinski J. „Technologiczność konstrukcji maszyn”. Warszawa: WNT, 1982.
- [18] Tarnowski W. „Podstawy projektowania technicznego”. Warszawa: WNT, 1997.
- [19] P.Wr., <https://notatek.pl/wyklad-cechy-konstrukcyjne-zasady-konstrukcji> (dostęp: 26.08.2019).
- [20] Żebrowski M., [https://kmpkm.zut.edu.pl/pub/Podstawy_Konstrukcji_Maszyn/PKM_wyklady%20\(M.Zebrowski\)/Zajecia%20projektowe/1.Teoria%20proj.pdf](https://kmpkm.zut.edu.pl/pub/Podstawy_Konstrukcji_Maszyn/PKM_wyklady%20(M.Zebrowski)/Zajecia%20projektowe/1.Teoria%20proj.pdf) (dostęp: 26.08.2019).
- [21] <https://www.lmwindpower.com/en/stories-and-press/stories/news-from-lm-places/lm-wind-power-manufactures-the-worlds-first-wind-turbine-blade-beyond-100-meters> (dostęp: 11.11.2019)