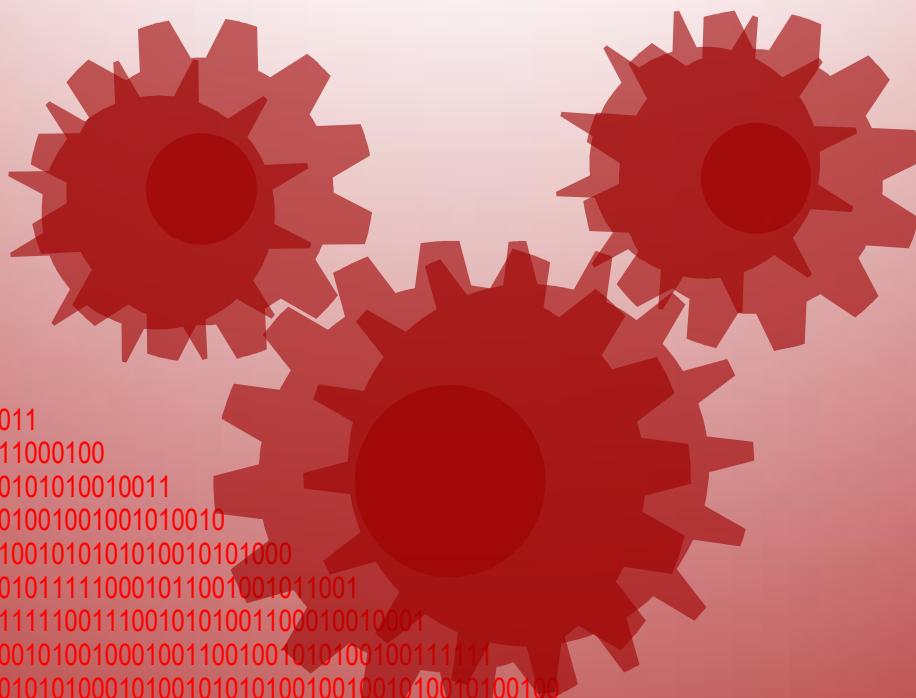


REDAKCJA NAUKOWA

Paweł Bachman

Problemy inżynierii bezpieczeństwa i nauk o pracy



111111
10101001010
0001011001001011
011100101010011000100
10001001100100101010010011
000101001010101001001001010010
01011001001101001010101010010101000
0011000100100010111110001011001001011001
010101001001111111001110010101001100010010001
01001001001010010100100010011001001010100100111111
1001010101010010101000101001010101001001001010010100100
0101010100101010001010010101010010010010100100010011001
11110011100101010011000100100010111110001011001001011001001101001
1110011100101010011000100100010111110001011001001011001001101001001001
010101010010101000101001010101001001010010100100010011001001010100100111
11110011100101010011000100100010111110001011001001011001001101001

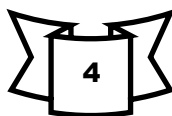
4

**Problemy inżynierii
bezpieczeństwa
i nauk o pracy**

4

Problemy inżynierii bezpieczeństwa i nauk o pracy

Monografia naukowa



Redakcja naukowa

Paweł Bachman

**Zielona Góra
2016**

RECENZJA

Mirosław Matyjaszczyk
Krzysztof Łasiński

PROJEKT OKŁADKI

Paweł Bachman

OPRACOWANIE TYPOGRAFICZNE

Paweł Bachman

© Copyright by Wydawnictwo
Instytutu Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
Uniwersytetu Zielonogórskiego

Zielona Góra 2016

Odpowiedzialność za treść artykułów i tłumaczenia ponoszą autorzy

ISBN 978-83-941516-3-8

Spis treści

WSTĘP	9
CZĘŚĆ I	
ERGONOMIA I BEZPIECZEŃSTWO	
Bezpieczeństwo pracy z nanomateriałami	11
Ocena ryzyka zawodowego na stanowisku listonosza	20
CZĘŚĆ II	
INŻYNIERIA	
Procedura MSA w zastosowaniach inżynierskich	44
Budowa i sterowanie robota mobilnego do przenoszenia substancji niebezpiecznych	61
Analiza warunków pracy ogniw li-ion w klastrach energii	82
STRESZCZENIA	101
INFORMACJE O AUTORACH	106

WSTĘP

Zbigniew Węgrzyn

Monografia ma na celu prezentację wybranych prac dyplomowych i badań naukowych, które prowadzone są przez samych pracowników oraz we współpracy ze studentami, głównie w Instytucie Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy, a także w innych jednostkach współpracujących. Ze względu na interdyscyplinarny charakter Instytutu prace podzielone są na dwie części, związane z ergonomią i bezpieczeństwem oraz inżynierią.

W rozdziale pierwszym przedstawiono zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa pracy z nanomateriałami. Nanomateriały stały się w ostatnich latach popularnymi nowoczesnymi materiałami inżynierskimi. Ich niekonwencjonalne właściwości wykorzystywane są w wielu dziedzinach nauki, na przykład w medycynie, farmakologii i kosmetologii. Praca z nanomateriałami niesie jednak ryzyko dla zdrowia. W szczególności niekontrolowany kontakt z nanoproszkami, które najłatwiej dostają się do organizmu poprzez układ oddechowy. Autorzy stwierdzają, że rozwój nanotechnologii powinien nieść ze sobą badania z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy.

Rozdział drugi porusza zagadnienia związane z oceną ryzyka zawodowego na stanowisku listonosza. Opisano w nim specyfikę pracy na poczcie. Omówiono pojęcie ryzyka zawodowego i metody jego oceny. Przedstawiono charakterystykę stanowisk pracy na poczcie, podstawowe zagrożenia i sposoby zapobiegania im. W końcowej części opisano też wybrane wypadki z udziałem listonoszy.

W rozdziale trzecim zawarto szczegółowe informacje dotyczące procedury oceny MSA wiarygodności oraz poprawności funkcjonowania weryfikowanego systemu bądź urządzenia pomiarowego. Jest to procedura, której efektem końcowym jest potwierdzenie lub nie, przydatności sprawdzanego rozwiązania pomiarowego do wykorzystania go w zastosowaniach inżynierskich.

W rozdziale czwartym przedstawiono budowę i układ sterowania robota mobilnego, który może służyć do przenoszenia substancji niebezpiecznych. Opisano główne zadania, jakie stawiane są robotom stosowanym w ratownictwie. Przedstawiono budowę mechaniczną i układ sterowania robota. W sterowaniu użyto między innymi Arduino, żyroskop MPU6050, moduł bluetooth XM-15B SPP oraz telefon z systemem Android. Końcowa część rozdziału zawiera opis możliwości technicznych robota.

Rozdział piąty dotyczy analizy warunków pracy ogniw li-ion w klastrach energii. Przedstawiono w nim podstawowe parametry ogniw li-ion. Opisano ładowanie, budowę, rodzaje, sposoby łączenia i parametry ogniw. Następnie pokazano różne przykłady układów utrzymania odpowiedniej temperatury ogniw. W końcowej części opisano stanowisko pomiarowe badania prądu rozładowania ogniw oraz przedstawiono wyniki pomiarów.

ERGONOMIA
I
BEZPIECZEŃSTWO

CZĘŚĆ I

BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z NANOMATERIAŁAMI

Marcin Topczak, Maria Kowal

1. Wstęp

Nanomateriały na przestrzeni lat stały się nowoczesnymi materiałami inżynierskimi. Przemysł w dziedzinie nanotechnologii, z roku na rok bardzo szybko się rozwija, przynosząc ogromne zyski. Jak definiuje Komisja Europejska, nanomateriały to struktury naturalne, powstałe przypadkowo lub wytworzone sztucznie, zawierające cząstki w stanie swobodnym lub w formie agregatu bądź aglomeratu, w którym co najmniej 50% lub więcej cząstek w liczbowym rozkładzie wielkości cząstek ma jeden lub więcej wymiarów w zakresie od 1 nm do 100 nm. Jest to wielkość niewidoczna dla ludzkiego oka. Porównując bakterię o przeciętnej wielkości 2,5 mikrometra, widać że jest ona prawie 1000 razy większa w porównaniu z nanocząstkami. Oprócz wspomnianej definicji nanomateriałów, istnieją również inne. Czasami brana jest pod uwagę definicja, wskazująca na istnienie krytycznej fizycznej wielkości elementów struktury, po przekroczeniu której następuje skokowa zmiana właściwości. Wynika ona często z wielkości domen magnetycznych w danym materiale lub z odniesienia wielkości elementów struktury do wymiarów, przy których występują efekty kwantowe. Przyjęta definicja wskazuje kierunek klasyfikacji badanego elementu. Rozróżniając nanowłókna, nanoziarna czy nanowarstwy, klasyfikujemy je do odpowiednich tworów trójwymiarowych lub dwuwymiarowych [3].

Małe rozmiary struktur warunkują odmienne właściwości w stosunku do macierzystego, większego w rozmiarach materiału. Nanocząstki charakteryzują się względnie niską masą, mają zmienioną reaktywność chemiczną, większą zdolność utleniania, inny ładunek powierzchniowy, inaczej rozpuszczają się w cieczach, mogą mieć nawet o kilkaset stopni Celsjusza niższą temperaturę topnienia. Na odmienne właściwości mają wpływ nie tylko rozmiary ale również modyfikacje powierzchni, ich kształt, rozdrobnienie, a także powierzchnia właściwa [3].

Nanomateriały oraz technologie, w których występują są działem przemysłu, który mimo rozwoju nie został dostatecznie zbadany pod względem bezpieczeństwa i higieny pracy. Opracowanie norm i przepisów postępowania w procesie pracy z nanocząstkami są kwestiami nadrzędnymi ze względu na możliwość ich toksyczności biologicznej, mutagenności oraz innych zagrożeń wpływających na organizm żywy. Istotnym jest poznanie i zidentyfikowanie oddziaływania nanocząstek na człowieka i środowisko naturalne. Największą styczność z cząstkami nano mają obecnie pracownicy naukowcy, co z biegiem lat i ciągłego wzrostu popularności stosowania przełoży się również na pracowników produkcyjnych i konsumentów. Przeprowadzenie, jak również udokumentowanie charakterystyk,

badań i ocen oraz unormowanie zasad i zaleceń postępowania z nanomateriałami są warunkami koniecznymi stworzenia bezpiecznych warunków pracy.

2. Przegląd wybranych nanomateriałów inżynierskich

Współcześnie dostępnymi nanomateriałami są nanometale i nanoceramiki. Powstają na drodze intensywnej odkształceń plastycznych lub w drodze trudnej syntezy proszków. Wspomniane nanomateriały mają lepsze właściwości mechaniczne niż ich ogólnodostępne odpowiedniki. Dostają się często są wykorzystywane do zmniejszenia masy konstrukcji, co jest związane z użyciem mniejszej ilości materiału przy zachowaniu właściwości wytrzymałościowych [3].

Wykorzystując metody osadzania z mieszaniny gazowej wytwarzane są nanowarstwy, popularnie stosowane w przemyśle elektronicznym. Nanowłókna polimerowe oraz nanorurki węglowe są nanomateriałami jednowymiarowymi. Nanowłókna powstają na drodze ciągnięcia, syntezy według szablonu, rozdzielania faz, samoorganizacji molekularnej czy elektroprzędzenia. Charakteryzują się znaczną długością i niewielkim przekrojem poprzecznym. Ich występowanie jest zarówno naturalne jak i sztuczne. Naturalnie nanowłókna występują w organizmie człowieka w postaci włókien kolagenowych, natomiast sztucznie są syntetyzowane, np. w postaci włókien polietylenowych Dyneema. Nanowłókna syntezowane znajdują zastosowanie w medycynie. Szerokie zastosowanie znalazły w inżynierii tkankowej jako rusztowania, powstające za pomocą metody elektroprzędzenia. Rusztowania tkankowe, zwane skafoldami, przed implantacją są posiewane komórkami, które w odpowiednich warunkach ulegają rozmnożeniu i skomplikowanym procesom różnicowania. Materiały te są stosowane również jako materiały opatrunkowe oraz nośniki uwalnianych leków [3].

Nanostruktury węglowe zbudowane są w oparciu o najcenniejszy pierwiastek w chemii organicznej. Węgiel w przyrodzie żywej nie występuje w stanie wolnym, a jedynie jest związany kowalencyjnie z innymi atomami węgla, wodoru, tlenu lub chloru. Jako twór przyrody nieożywionej występuje w postaci grafitu, diamentu, węgla amorficznego oraz w formie nanostrukturalnej fulerenów lub nanorurek węglowych. Początkiem zainteresowania naukowców nanorurkami węglowymi, datuje się rok 1991, w którym opublikowana została praca na temat cylindrycznych, nanometrycznych struktur węgla [3].

Nanoproszki to formy nanomateriałów powszechnie stosowane. Swoje zastosowanie znalazły w farmakologii, kosmetyce, jak również w budownictwie. Nanoproszki dodawane są do kremów, farb, lakierów, itd. Już niespełna 1% nanoproszku dodanego do kompozytu potrafi znacząco zmienić właściwości mechaniczne otrzymanego materiału. Nanoproszki mogą być stosowane w niezmięnionej formie lub jako substrat do wytworzenia nanoceramik i innych nanometrycznych form litych. Małe rozmiary cząstek nanoproszków wpływają na duże rozwinięcie ich powierzchni. Ich rozmiar wiąże się z innymi właściwościami, a mianowicie możliwością wnikania do krwioobiegu i transportu z ciałkami krwi. Ich rozmiar jest na tyle mały, że istnieje prawdopodobieństwo wnikania cząstek do komórek układu nerwowego, co niekontrolowane może nieść ogromne ryzyko dla

zdrowia i życia człowieka. Metody otrzymywania nanoproszków można poprowadzić w dwóch podstawowych kierunkach, rozdrabniając strukturę do skali nanometrycznej lub przeprowadzając proces agregacji atomowej. Metody uwzględniające stan skupienia reagentów oraz środowisko procesu, dzielą się na procesy zachodzące w fazie gazowej, ciekłej i ciele stałym [3].

3. Struktura i właściwości nanomateriałów

Do materiałów konstrukcyjnych należą materiały nanokrystaliczne, w których istotną rolę odgrywa struktura wewnętrzna. Rozłożenie defektów w strukturze nanokrystalów jest istotne na poziomie nanometrycznym. Poza składem, strukturą fazową i nanostrukturą, właściwości nanomateriału determinują wiązania między atomami. Materiały konstrukcyjne wykorzystywane są do budowy części maszyn przenoszących obciążenia. Właściwościami decydującymi o ich zastosowaniu są sztywność, odporność na pękanie, odporność zmęczeniowa, twardość i odporność na ścieranie, granica plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie. Istotnymi właściwościami związanymi ze zmianami wewnątrz materiału, jak również w środowisku, w którym będą pracować, są temperaturowa stabilność struktury, przewodność cieplna, ciepło właściwe, odporność korozyjna oraz odporność pracy w organizmie biologicznym. W szczególności od nanomateriałów oczekuje się polepszenia właściwości, a co za tym idzie zwiększenia odporności na czynniki mechaniczne. Badania nanostruktur przynoszą różne wyniki w zależności od zastosowanego materiału. Stosując stwierdzenie ogólne można przyjąć, że w większości przypadków nanomateriały mają większą odporność na zużycie ścierne niż ich gruboziarniste odpowiedniki. W przypadku pozostałych właściwości należałoby zastosować analizę indywidualną dla każdego nanomateriału.

3.1. Istotne właściwości biologiczne i chemiczne

Rzutującym na charakterystykę nanomateriałów jest ich niewielki rozmiar. Specyficzna budowa struktury zwiększa gęstość defektów krystalicznych. Do takich defektów zalicza się: granice ziaren, granice międzyfazowe oraz dyslokacje. To właśnie zwiększona liczba defektów przyczynia się do zwiększenia aktywności chemicznej materiału. Występowanie struktury jednorodnej związane jest ze zwiększoną jednorodnością chemiczną materiału. Duża aktywność chemiczna przyspiesza powstawanie procesów korozyjnych, w przypadku nanomateriałów, które nie ulegają pasywacji. Najogólniej, pasywacją nazywamy proces tworzenia warstwy tlenku danego materiału na powierzchni tego materiału, w określonych warunkach. W przypadku nanomateriałów może dojść do sytuacji odwrotnej, jednorodna struktura może spowolnić procesy korozyjne. Ciekawym jest również fakt, że materiał gruboziarnisty nie ulegający pasywacji, w skali nanometrycznej może pasywować. Przykładem jest żelazo, które łatwiej ulega pasywacji posiadając strukturę nanometryczną [3]. Odnosząc się do właściwości biologicznych najbardziej spektakularnym będzie działanie bakteriobójcze koloidu srebra. Zawarte w nim nanocząstki srebra mają działanie bakteriobójcze oraz niwelują przykry zapach.

Nanometryczne związki srebra dzięki tym właściwościom znalazły zastosowanie w przemyśle tekstylnym, kosmetologii, jak również w chemii gospodarczej. Wybitnie wysoka aktywność chemiczna nanokrystalicznych metali wykorzystywana jest w tworzeniu rusztowań do hodowli żywych tkanek. Dzięki wykorzystaniu szkieletów, wyhodowane komórki wykorzystywane są jako uzupełnienia różnych części ciała żywych organizmów [3]. Przeprowadzonych zostało wiele badań nad nanomateriałami i ich zgodnością z organizmem żywym. Biozgodność jest to zdolność prawidłowego zachowania materiału w kontakcie z tkanką w określonym zastosowaniu. Co za tym idzie materiał taki powinien być w pełni tolerowany przez organizm, nie wywołując żadnych reakcji i nieprawidłowości. Biozgodność nanomateriałów może okazać się najbardziej pożądaną cechą w dziedzinie inżynierii biomedycznej.

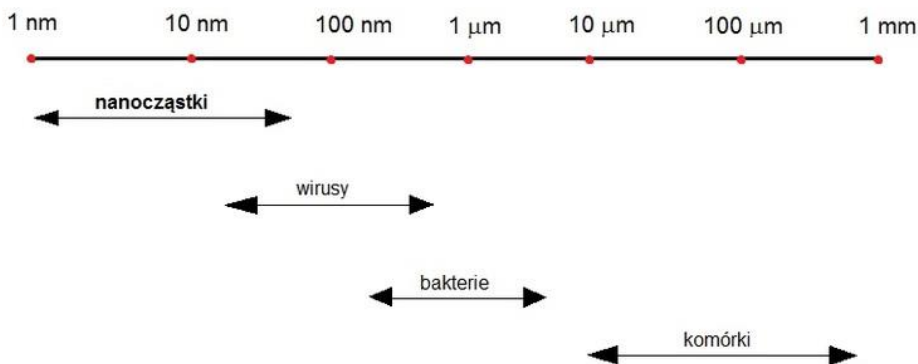
W zakresie działań tej dziedziny są między innymi tworzenie nowoczesnych implantów, stentów oraz endoprotez o strukturze i powierzchni biokompatybilnej z organizmem człowieka [6].

4. Wpływ właściwości nanomateriałów na organizację procesu pracy

Nanomateriały jako tworzywa konstrukcyjne od wielu lat przeżywają swój rozkwit, pojawiając się prawie we wszystkich gałęziach przemysłu. Nanostruktury przejawiają niezwykle właściwości, których nie można uzyskać przez zastosowanie ich konwencjonalnych odpowiedników. Nanocząstki są o wiele mniejsze niż inne struktury, takie jak bakterie, wirusy czy komórki biologiczne. Intuicyjnie nasuwa to pytanie związane z bezpieczeństwem stosowania tworów o wymiarach mniejszych niż komórki organizmów żywych. Badania nad nanomateriałami prowadzone są od wielu lat, jednak obejmują prace związane z poznaniem właściwości mechanicznych, ich potencjalnego zastosowania czy metod wytwarzania, skupiając się w najmniejszym stopniu na możliwości oddziaływania na organizmy żywe i środowisko naturalne. Zrównoważony rozwój nanotechnologii powinien przede wszystkim opierać się na bezpieczeństwie pracy z nanomateriałami, nie zapominając, że w ostatecznym rozrachunku liczy się zdrowie i życie człowieka [3].

4.1. Toksyczność i zagrożenia biologiczne

Zagadnienie toksyczności nanomateriałów jest o tyle skomplikowane, że formy nano mogą wpływać na organizmy biologiczne, mimo że ich tradycyjne odpowiedniki nie wykazują takiego oddziaływania. Nanocząstki mogą być też obojętne w stosunku do organizmu. Prawdopodobieństwo szkodliwości nanocząstek wynika z ich niewielkiego rozmiaru, mniejszego niż wymiary komórek organizmu biologicznego. Na rys. 1 przedstawiono poglądowo porównanie skali wielkości nanocząstek w stosunku do wirusów, bakterii i komórek organizmu biologicznego.



Rys. 1. Porównanie wymiarów nanocząstek, wirusów, bakterii i komórek [3]

Jak wynika z rys. 1, rozmiar nanocząstek w stosunku do innych tworów biologicznych jest znacznie mniejszy, co może stanowić zagrożenie niekontrolowanego wnikania do tkanek, oddziaływania na nie oraz zmiany w ich naturalnym funkcjonowaniu. Stanowić to może zagrożenie dla zdrowia. Organizm potrafi się bronić w przypadku wnikania struktur obcych. Wypracowane zjawisko fagocytozy, polegające na pochłanianiu bakterii i innych mikroorganizmów, obcych cząstek i produktów rozpadu komórek przez neutrofile i makrofagi, jest zjawiskiem pozwalającym na „kontrolę granic”. Komórka fagocytująca bakterię, uwalnia zawartą w błonie plazmatycznej oksydazę NADPH, która przekształca tlen cząsteczkowy w anionorodnik ponadtlenkowy. Dysmutaza ponadtlenkowa przekształca dwa anionorodniki ponadtlenkowe w nadtlenek wodoru. Pod działaniem mieloperoksydazy, znajdującej się w lizosomach, nadtlenek wodoru przekształca anion chlorkowy w kwas chlorowy (I). Kwas podchlorawy wykazuje silne działanie antybakteryjne [1]. Jest to odpowiedź na wniknięcie zidentyfikowanej, obcej struktury bakteryjnej. Problem pojawia się w momencie niemożności identyfikacji struktury obcej. Nanocząstki, w szczególności syntetyzowane sztucznie, względnie trudno ulegają procesowi fagocytozy [4]. Oczywiście w środowisku naturalnym człowieka występują nanocząstki, do kontaktu z którymi organizm przyzwyczał się na drodze ewolucji i wypracował swoistą odpowiedź. Wchłanianie nanocząstek odbywa się na drodze oddychania, odżywiania lub absorpcji przez skórę. Największy poziom niebezpieczeństwa ma wdychanie rozproszonych w powietrzu nanocząstek. Prawdopodobieństwo jest duże z racji rozproszenia w powietrzu oraz łatwości wnikania przez tkanki płuc. Wdychane nanocząstki osadzają się w płucach, stanowiąc niebezpieczeństwo w przypadku cząstek szkodliwych dla organizmu. Toksyczność nanomateriałów wynika z wielu względów, przede wszystkim decydujący jest ich rozmiar. Okazuje się, że neutralne, większe struktury po rozdrobnieniu mogą stać się toksyczne. Niepokojący jest fakt, że niewielka masa i duża powierzchnia rozwinięcia umożliwia tworzenie zawiesiny w powietrzu. Jest to sporym utrudnieniem detekcji i zapobiegania wnikaniu do organizmu. Kolejnym

aspektem, który może decydować o toksyczności nanostruktur jest stan powierzchni, a w szczególności jej skład chemiczny. Wiele stosowanych pomocniczo przy farmakoterapii nanocząstek ma specjalnie dopasowane powierzchnie funkcjonalne, w celu zapewnienia odpowiedniego działania. Istnieje natomiast ryzyko, że te struktury z funkcjonalną powierzchnią niekontrolowanie dostaną się do innych, niezamierzonych struktur biologicznych i zaburzą ich naturalne działanie. Toksyczność nanocząstek na poziomie molekularnym wynika z faktu tworzenia wolnych rodników [2]. Wolnymi rodnikami zwykło się nazywać atomy lub cząsteczki posiadające niesparowany elektron. W przyrodzie nieożywionej wolne rodniki powstają w wyniku procesów zwiększających energię cząsteczek. Czynnikiem tych procesów mogą być wysoka temperatura, promieniowanie jonizujące czy wyładowania atmosferyczne, które prowadzą do rozrywania wiązań chemicznych. Wolne rodniki mogą wywoływać zmiany w DNA oraz doprowadzić do apoptozy komórki [1]. Nanocząstki przeważnie kumulują się w mitochondriach i jądrach komórkowych, wywołując mutacje genowe, niszczenie DNA i śmierć komórki. Nie tylko właściwości chemiczne i zdolność do oddziaływań biologicznych mogą być powodem toksyczności nanomateriałów. Duże znaczenie mają również właściwości fizyczne, między innymi struktura krystaliczna czy rozpuszczalność. Anataz i rutyl będący dwutlenkiem tytanu, posiadają inną budowę krystaliczną i tym samym inaczej wpływają na płuca. Interakcje wywołać mogą również zanieczyszczenia struktury pozostałościami metali, które są trudne do wykrycia ze względu na małe stężenia oraz brak dostatecznie opracowanych metod analitycznych [3]. Często to właśnie drobne zanieczyszczenia wpływają ostatecznie na toksyczność nanomateriału, tak jak miało to miejsce w przypadku nanorurek węglowych, które były podejrzane o toksyczność, ze względu na szczególne ułożenie atomów węgla [5]. Mniejsze ryzyko niosą ze sobą materiały i struktury lite. Ich powierzchnie zazwyczaj nie oddziałują na organizmy żywe. Przypomnieć jednak należy, że lite struktury powstają zazwyczaj z nanocząstek, które nadal mogą wykazywać toksyczność. W tym miejscu pojawia się ważna kwestia zapewnienia odpowiednich rozwiązań ochronnych związanych z pracą wytwórczą struktur litych [3].

Przemysł nano staje się coraz bardziej popularny i towarzyszy ludziom już prawie w każdej dziedzinie życia. Nanotechnologie znalazły odbiorców w budownictwie, farmakologii, kosmetologii, technologii żywności, a nawet w przemyśle tekstylnym i chemii gospodarczej. Produkty budowlane wzbogacane nanocząstkami dwutlenku tytanu stały się bardzo popularne ze względu na fakt reakcji tej struktury z brudem. Można powiedzieć, że samoczyszczące się elewacje czy szyby są fenomenem, nie powinno się jednak pomijać faktu, że nanocząstki dwutlenku tytanu reagują również z innymi substancjami zawartymi w powietrzu. Stwarza to ryzyko tworzenia innych, bardziej toksycznych dla środowiska cząstek. W przemyśle kosmetycznym coraz szersze grono zwolenników mają nanosomy. Są to nanokapsułki, a raczej pęcherzyki lipidowe w kształcie kuleczek o średnicy 25 nm, które szybko przenikają do skóry. Cecha szybkiej absorpcji jest jak najbardziej pożądana w kosmetykach, jednak budzi to obawy przenikania nanocząstek do głębokich warstw skóry, a następnie do organów, gdzie będą kumulowane. Dodawanie nanomateriałów do żywności nie jest pozbawione ryzyka, tym bardziej że wiedza na temat ich toksyczności nie jest zbyt

wielka. Bezmyślne stosowanie dodatków nano bez gruntownego sprawdzenia ich bioreaktywności jest posunięciem co najmniej barbarzyńskim, narażającym zdrowie i życie konsumentów. Należy pamiętać, że struktury nano ze względu na rozmiar i wysoki współczynnik powierzchni oddziałują zupełnie inaczej niż ich większe odpowiedniki. Nie można, więc przyjąć właściwości nanomateriałów bez ich gruntownego przebadania, bazując na właściwościach ich konwencjonalnych analogów. Popularne stają się tekstylia z dodatkiem nanocząstek srebra, wykazujące wysokie właściwości antybakteryjne i redukujące nieprzyjemny zapach. Cząstki dodawane są również do środków piorących i czyszczących. Nie przewidziano jednak, że powszechne, a nawet masowe stosowanie środków wzbogaconych nanocząsteczkami srebra może mieć negatywny wpływ na środowisko w przyszłości [3].

4.2. Bezpieczna organizacja pracy z nanomateriałami

Obecny stan wiedzy na temat zastosowania i właściwości nanomateriałów jest stosunkowo duży, brakuje jednak wiedzy o sposobie ochrony ludzi pracujących przy produkcji nanomateriałów. Każdy ze znanych nanomateriałów powinien zostać poddany badaniom pod kątem bezpieczeństwa i higieny pracy. Szczególną uwagę należy zwrócić na nanoproszki, struktury które najłatwiej dostają się do organizmu człowieka poprzez wdychanie [3]. Przede wszystkim należy przeprowadzić badania toksykologiczne, biorąc pod uwagę charakterystykę nanostruktury oraz jej właściwości, tj. rozmiar, rozpuszczalność, strukturę powierzchni, zdolność do aglomeracji. Należy ocenić sposób oddziaływania struktury w organizmie człowieka, badając ekspozycję o zróżnicowanym czasie trwania. Ważnym jest określenie mechanizmu oddziaływania nanocząstki na organizm biologiczny oraz opracowanie procedur ochrony i naprawy. W szczególności należy opracować w miarę uniwersalny schemat postępowania przy ocenie ryzyka i szkodliwości danego nanomateriału oraz określić badania niezbędne. W przypadku oceny ryzyka należy wykorzystywać dostępne dane na temat toksyczności, przewidując możliwość wczesnej identyfikacji zagrożenia oraz zastosowania działań zapobiegawczych. Nadzór epidemiologiczny powinien zostać sprecyzowany, odnośnie przydatności obecnie znanych procedur i badań w stosunku do nanomateriałów. Epidemiolodzy i laboranci naukowcy powinni prowadzić badania nad nowymi metodami detekcji nanostruktur oraz ich właściwości i skutecznej ochrony przed nimi [7]. Biorąc pod uwagę obecny stan wiedzy istnieją metody skutecznego oceniania wpływu nanocząstek na komórki płucne, prowadzone w szczelnych komorach. Badania przeprowadzone z zastosowaniem nadtlenku ceru wykazały, że nanocząstki samoistnie osadzają się na powierzchni komórek wywołując interakcje już po trzydziestu minutach. W hodowli tkanek zauważono zwiększony poziom 8-oksoguaniny [3]. Powstała substancja jest molekularnym wskaźnikiem reaktywnych form tlenu. Reaktywne formy tlenu powodują wiele efektów toksycznych. Utleniają, pozbawiając aktywności związki biologiczne istotne dla organizmu, między innymi glutation, askorbinian, hemoglobinę i mioglobinę. Inaktywują enzymy, przENOŚniki błonowe i niektóre koenzymy. Degradują białka i glikoaminoglikany uszkadzając również lipidy błon

biologicznych. Reaktywne formy tlenu wywołują różne uszkodzenia DNA, przerywając ciągłość nici polinukleotydowych oraz uszkadzając zasady lub składniki cukrowe. Prowadzą często do mutacji genów, transformując nowotworowo komórki, uszkadzając surfaktant płucny, hamując fosforylację oksydacyjną, a w granicznych przypadkach prowadząc do apoptozy komórki [1]. Opisane badanie, może być stosowane w miarę uniwersalnie w stosunku do pozostałych nanostruktur, wykrywając zawczasu nieprawidłowości. Określenie pełnych właściwości fizycznych i chemicznych poszczególnych nanoproszków jest niezwykle ważne. Podstawowe właściwości można określić używając dostępnych metod badawczych [3]. Istnieje jednak konieczność stworzenia metod umożliwiających ocenę wystąpienia toksyczności w miejscu pracy. Potrzebne są dokładne badania skuteczności stosowanego wyposażenia ochronnego pracowników. Rozwijać powinien się przemysł odzieży i środków ochronnych dla pracowników, pod kątem ochrony przed nanomateriałami. Za tym rozwojem powinny stać specjalistyczne badania jak również przepisy prawne i normatywne, regulujące pracę z nanomateriałami. Metody oraz narzędzia pomiarowe powinny być modernizowane pod kątem detekcji nanocząstek. Systematycznie powinna być oceniana i aktualizowana ich efektywność. Powinna zostać dokonana gruntowna ocena ryzyka pracy z nanocząstkami, narażenia na działanie nanomateriału oraz ewentualna ocena zagrożenia wybuchowego i pożarowego. Ważna w tych działaniach jest edukacja pracowników kierujących bezpieczeństwem i higieną pracy, przede wszystkim uświadomienie im zagrożenia mogącego wynikać z lekkomyślnego podejścia do pracy z nanocząstkami [7].

5. Zakończenie

Nanotechnologie oraz nanomateriały powinny rozwijać się równoważnie z dziedziną bezpiecznego ich stosowania i pracy nad nimi. Niespotykane konwencjonalnie właściwości tych materiałów, znajdują zastosowanie w ważnych dziedzinach, między innymi w farmakologii, medycynie czy kosmetologii. Nie należy jednak bagatelizować sprawy, przysłaniając się celem niezwykle szczytnym, jakim jest wykorzystanie nanomateriałów w leczeniu, czy udoskonaleniu efektywności innych dziedzin. Bardzo istotnym elementem jest poznanie w pełni nanomateriałów, a co za tym idzie ich charakterystyki, właściwości oraz niebezpieczeństwa, które mogą ze sobą nieść. Inżynieria materiałowa poza poznawaniem właściwości, odkrywaniem metod otrzymywania, jak również projektowania zastosowań, powinna przewidywać ryzyko kontaktu z nowym materiałem, biorąc pod uwagę ekspozycję chwilową i długotrwałą. Rozwój dziedziny nano daje ogromne możliwości i jest jak najbardziej pożądany. Nie można jednak dopuścić, poprzez lekkomyślne podejście, żeby historia azbestu się powtórzyła. Materiał nosił znamiona doskonałego włókna, który później okazał się jednym z najniebezpieczniejszych zanieczyszczeń środowiska, wpływającym negatywnie na organizmy żywe. Oprócz badań nad nanomateriałami powinny być organizowane konferencje naukowe, aktualizujące wszechstronnie wiedzę na ich temat. Rozwój tej dziedziny wymaga badań i określenia norm postępowania z nanomateriałami. Do

czasu jednak określenia dawek bezpiecznych, chociażby potencjalnie najgroźniejszych nanoproszków oraz strategii ochrony zdrowia przed nanomateriałami, trzeba szczególnie dbać o bezpieczeństwo pracowników i higienę pracy. Należy wziąć pod uwagę dostępną już wiedzę na temat nanomateriałów. Jak wynika z literatury formy zaglomerowane nanoproszków trudniej dostają się do organizmu oraz są mniej reaktywne [3]. Być może jest to myśl do stworzenia masek filtrujących powietrze, zawierających w swojej strukturze filtrującej, rozwiązanie prowadzące do aglomeracji nanoproszków. Rozwiązań może być wiele, należy zachęcać naukowców do badań nad bezpieczeństwem kontaktu z nanomateriałami, a specjalistów BHP zachęcać do współpracy nad tworzeniem procedur postępowania, określania dawek bezpiecznych i normowania przepisów prawnych.

Bibliografia

1. Bańkowski E. , *Biochemia*, Wyd. MedPharm Polska, Wrocław (2006).
2. Grassian V.H., *Nanoscience and Nanotechnology Environmental and Health Impact*, John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2008).
3. Kurzydłowski K., Lewandowska M., *Nanomateriały inżynierskie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa (2010).
4. Oberdorster G. i in., *Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles*, Environmental Health Perspectives (2005), 113, s. 823
5. Pumera M., Miyahara Y., *What amount of metallic impurities in carbon nanotubes is small enough not dominate their redox properties?*, „Nanoscale” (2009), 1, s. 260.
6. Ratner B. i in., *Biomaterials Science. An Introduction to Materials in Medicine*, Academic Press, San Diego, California (1996).
7. Zatorski W., Zapór L., Jankowska E., *Wybrane zagadnienia toksyczności nanocząstek wykorzystywanych w produkcji nanokompozytów polimerowych*, „Kompozyty” (2010), 10, ss. 3-10.

OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO NA STANOWISKU LISTONOSZA

Mariola Tylawska, Waldemar Uździcki

1. Wstęp

Obserwując przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa pracy w Polsce na przestrzeni ostatnich lat można wysnuć ciekawy wniosek, że ryzyko zawodowe związane z wykonywaniem pracy z formalnego punktu widzenia nie istniało. Po roku 1989 prace zmierzające do unifikacji przepisów prawa polskiego z obowiązującymi w Europie objęły również prawo pracy, wprowadzając element uformalnienia zarządzania ryzykiem zawodowym w procesie pracy. Wprowadzono pojęcie ryzyka zawodowego, o którego istnieniu i zakresie zakład obowiązuwany jest informować pracownika.

Uformalnienia oceny stopnia ryzyka zawodowego z wykonywaną pracą jest niezbędne do określenia potrzeby działań prewencyjnych. Przekazanie pracownikowi narażonemu na ryzyko informacji o tym, co mu grozi i jak może przed tym się ustrzec jest konieczne, nawet gdyby po tym poinformowany o ryzyku kandydat na pracownika miał zrezygnować z przyjęcia do pracy. Informacja taka przy prowadzeniu szkolenia bhp jest obowiązkowym i nieodłącznym elementem demokracji oraz pierwszym warunkiem skuteczności prowadzonej prewencji. Uświadomienie istnienia ryzyka zawodowego w formie udokumentowanej, określonej i wymiernej jest dla pracodawcy podstawą poprawnego zarządzania bezpieczeństwem pracy. Wśród działań prowadzących do poprawy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników ocena ryzyka zawodowego odgrywa szczególną rolę. Prawidłowo przeprowadzona, stanowi podstawę dla realizacji działań służących zapobieganiu wypadkom i chorobom powodowanym zagrożeniami występującymi w środowisku pracy. Dlatego też, ocena ryzyka zawodowego powinna obejmować wszystkie czynniki, które w sposób negatywny oddziałują na zdrowie pracowników. Ocena uwzględnia również zmiany zachodzące w środowisku pracy oraz nową wiedzę o zagrożeniach i środkach ochrony, które mogą być stosowane w celu ograniczenia związanego z nimi narażenia.

Równoległe z rozwojem cywilizacji, wśród różnorodnych potrzeb odczuwalnych przez człowieka, pojawiła się potrzeba porozumiewania się na odległość. Wraz z rosnącymi potrzebami ludzie szukali wszelkich sposobów ich zaspokajania. Poczta w swych początkach związana była z władzą i dworem. Dziś już obchodzi 450 lecie swojego istnienia. Książęta i królowie polscy do przewożenia korespondencji posługiwali się posłańcami. Ich funkcje spełniali również synowie szlacheccy, przebywający na dworach. Podstawowym środkiem transportu dla posłańców były konie z wozami. Jak mówi nam historia listonosz, dawniej posłaniec był bardzo

ważną osobą. Liczba posłańców królewskich była znaczna, z każdym listem, przesyłką wysyłano osobnego posłańca. Na przestrzeni wieków zmieniła się forma przesyłek, jak również sposób ich dostarczania, tylko listonosz pozostał nadal taki sam. Dzisiejsi listonosze, już nie dostarczają jednej przesyłki, tylko odwołują cały wyznaczony rejon. Często torba, w której znajdują się przesyłki waży około 17 kg. Praca listonosza, z pozoru przyjemna i łatwa jest w rzeczywistości inna. Ułożenie kilkuset listów dziennie według kolejności chodzenia, które często są błędnie zaadresowane, oraz dostarczenie oprócz zwykłych listów, przesyłek poleconych, przekazów, prenumerat gazet wymaga dużego skupienia, kondycji i dobrej pamięci. Do tego często złe warunki atmosferyczne, kontakt z różnymi nieodpowiedzialnymi ludźmi, powodują, że praca ta jest cięższa niż ma o niej wyobrażenie większość ludzi.

Listonosz w środowisku pracy jest narażony na oddziaływanie różnorodnych czynników zagrażających jego zdrowiu i życiu. Czynniki środowiska pracy, w aspekcie ich natury dzieli się na czynniki fizyczne, biologiczne i psychofizyczne. Z punktu widzenia konsekwencji oddziaływania na organizm, czynniki te dzieli się na niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe. Praca listonosza w takich warunkach, narażenie na oddziaływanie wymienionych czynników stwarza niebezpieczeństwo wystąpienia niekorzystnych skutków dla zdrowia i życia, a prawdopodobieństwo wystąpienia tych następstw, a ich zakres określa się jako ryzyko zawodowe listonosza. Dla zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia listonosza konieczne jest przeprowadzenie oceny ryzyka i eliminowanie jego źródeł, a tam gdzie jest to niemożliwe – ograniczenie go do poziomu akceptowalnego.

Ocena ryzyka zawodowego jest skutecznym narzędziem do poprawy warunków pracy, punktem wyjścia i zarazem zasadniczym elementem proaktywnego, skierowanego na zapobieganie zagrożeniom, zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, traktowanego jako nieodłączna część zarządzania przedsiębiorstwem.

2. Pojęcie ryzyka zawodowego

W 1996 r. nastąpiła nowelizacja kodeksu pracy zmierzająca do dostosowania przepisów prawa pracy do wymogów stawianych przez Unię Europejską. Nowelizacja ta wprowadziła do kodeksu szereg przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy, oceny ryzyka zawodowego i zarządzania bezpieczeństwem pracy [9].

Zgodnie z przepisami dyrektyw Unii Europejskiej podstawowym obowiązkiem pracodawcy jest zapewnienie pracownikom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia poprzez zapobieganie ryzyku zawodowemu. Organizując pracę należy dążyć do unikania ryzyka. A ryzyko, którego nie można uniknąć trzeba ocenić i jeżeli to niezbędne, zastosować odpowiednie środki zapobiegawcze. Obowiązek przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego i poinformowania o ryzyku pracowników nałożony jest na pracodawców przepisem art. 226 Kodeksu Pracy [4].

Zmiana kodeksu pracy po raz pierwszy wprowadziła do polskiego ustawodawstwa pojęcie ryzyka zawodowego. Przez ryzyko zawodowe należy rozumieć prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych

z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienie u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych istniejących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy.

Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26.09.1997 r. § 2 pkt 7 w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy definiuje pojęcie ryzyka zawodowego na potrzeby jego oceny. Przez ryzyko zawodowe – rozumie się prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy [R1].

Celem określania ryzyka zawodowego nie jest tylko określenie zagrożeń i ich poziomu, lecz także wskazanie środków umożliwiających jego ograniczenie. Ocena ryzyka zawodowego związania jest z trzema zasadniczymi elementami:

- identyfikacją zagrożeń i ich wielkości,
- oceną poziomu zagrożeń,
- opracowaniem planu poprawy warunków pracy.

Na pojęcie ryzyka zawodowego nie składają się, bowiem wyłącznie czynniki stwarzające niebezpieczeństwo dla zdrowia człowieka, lecz także działania organizacyjne, techniczne i ludzkie, mające na celu ograniczenie jego poziomu. Dopiero różnica między zagrożeniami wynikającymi z procesu technologicznego, a środkami profilaktycznymi daje rzeczywisty obraz poziomu ryzyka zawodowego.

Identyfikując ryzyko zawodowe, należy w pierwszej kolejności określić:

- Co złego może się wydarzyć, jak często, jakie mogą być tego skutki?

Następnie stwierdzić:

- Czy skala zagrożeń umożliwi bezpieczne wykonywanie pracy na danym stanowisku?

Istotnym elementem oceny ryzyka jest sprawdzenie jego akceptowalności. Nie jest, bowiem istotne samo stwierdzenie ilościowe i jakościowe zagrożeń występujących na stanowisku pracy, lecz także uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy praca na danym stanowisku jest możliwa i uzasadniona. Odpowiedź na to pytanie ma aspekt ludzki, prawny i ekonomiczny. Przy znacznym stopniu zagrożenia życia i zdrowia niedopuszczalne jest świadome narażanie pracowników na negatywne skutki zdrowotne. Ponadto przepisy prawa stawiają szereg ograniczeń przy zatrudnianiu pracowników w niekorzystnych warunkach zdrowotnych.

Natomiast element ekonomiczny ma szczególne znaczenie dla pracodawcy. Bezpieczeństwo pracy oraz wprowadzenie środków ograniczających ryzyko zawodowe naraża pracodawcę na konieczność ponoszenia dodatkowych kosztów. Koszty związane z wprowadzeniem rozwiązań ograniczających ryzyko zawodowe muszą przynosić wymierny ekonomiczny efekt w postaci ograniczenia strat, spowodowanych koniecznością wypłaty odszkodowań z tytułu uszczerbku na zdrowiu u pracowników, a także w postaci zwiększenia wydajności pracy [33].

Osobą ponoszącą to ryzyko jest, zgodnie z cytowaną definicją, nie tylko pracownik, lecz także pracodawca czy właściciel mienia, jeżeli niepożądane

zdarzenie związane z wykonywaną pracą spowodowało straty materialne. W powołanym rozporządzeniu zostały skonkretyzowane obowiązki pracodawcy dotyczące zapewnienia pracownikom bezpiecznych i higienicznych warunków pracy. Zgodnie z § 39 rozporządzenia pracodawca powinien ograniczać ryzyko zawodowe poprzez stosowanie właściwej organizacji pracy, koniecznych środków profilaktycznych, a także informowanie i szkolenie pracowników.

Podstawą realizacji tych zadań powinno być stosowanie ogólnych zasad zapobiegania wypadkom i chorobom związanym z pracą, którymi są przede wszystkim [7]:

- ograniczenie ryzyka zawodowego,
- przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego,
- likwidowanie zagrożeń u źródeł ich powstania,
- dostosowanie warunków i procesów pracy do możliwości pracownika, w szczególności przez odpowiednie projektowanie i organizowanie stanowisk pracy, dobór maszyn i innych urządzeń technicznych oraz narzędzi pracy, a także metod produkcji i pracy – z uwzględnieniem zmniejszenia uciążliwości pracy, zwłaszcza pracy monotonnej i pracy w ustalonym z góry tempie, oraz ograniczenia negatywnego wpływu takiej pracy na zdrowie pracowników,
- stosowanie nowych rozwiązań technicznych,
- zastępowanie niebezpiecznych procesów technologicznych, urządzeń, substancji i innych materiałów – bezpiecznymi lub mniej niebezpiecznymi,
- nadawanie priorytetu środkom ochrony zbiorowej przed środkami ochrony indywidualnej,
- instruowanie pracowników w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Zgodnie z przepisem art. 226 kodeksu pracy na pracodawcy ciąży obowiązek udokumentowania przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego oraz dokumentowania zastosowanych niezbędnych środków profilaktycznych. Dokument ten w szczególności powinien zawierać [7]:

- Opis ocenianego stanowiska pracy, w tym wyszczególnienie stosowanych maszyn, narzędzi, materiałów, wykonywanych zadań, występujących na stanowisku niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych czynników środowiska pracy, stosowanych środków ochrony zbiorowej i indywidualnej osób pracujących na tym stanowisku;
- Wyniki przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego w odniesieniu do każdego z czynników środowiska pracy oraz wykaz niezbędnych środków profilaktycznych zmniejszających ryzyko;
- Datę przeprowadzonej oceny oraz dane osób dokonujących oceny.

Ocena ryzyka zawodowego jest procesem, w którym są identyfikowane zagrożenia związane z wykonywaną pracą, a następnie szacowane ryzyko wynikające z ich występowania i podejmowana decyzja o możliwości zaakceptowania tego ryzyka lub konieczności przeprowadzenia działań prowadzących do jego ograniczenia. Podstawowym celem tej oceny jest

wyeliminowanie występujących zagrożeń, a jeżeli jest to nie możliwe, ograniczenie związanego z nimi ryzyka zawodowego przez zastosowanie odpowiednich, najlepszych w określonych warunkach, środków ochrony. Ocena ryzyka zawodowego ma zasadnicze znaczenie dla właściwej ochrony zdrowia i życia pracowników.

3. Metody i matryce oceny ryzyka

Ocenę ryzyka zawodowego można przeprowadzić różnymi metodami, w zależności od potrzeb zakładu pracy. Generalnie należy pamiętać, że przyjęta metoda oceny ryzyka zawodowego powinna zapewniać, aby otrzymane wyniki oszacowania były w pełni wystarczające do wyznaczenia źródeł i poziomu zagrożeń oraz właściwego planowania działań korygujących i zapobiegawczych.

Znanych jest wiele metod oceny ryzyka. Różnią się one między sobą przede wszystkim zastosowaniem techniki logicznego postępowania, precyzyjności oceny ryzyka oraz podjętym poziomem szczegółowości analiz. Metody te mogą mieć zastosowanie w różnych obszarach działalności człowieka. Jedne znajdują zastosowanie w fazie projektowania, inne w fazie budowy lub eksploatacji. Dla każdej z tych faz można dobrać optymalną metodę oceny ryzyka. Wśród metod oceny ryzyka są też takie, których zastosowanie daje poprawne rezultaty w wielu fazach obiektu.

Matryce (nazywane również tablicami lub macierzami) ryzyka stanowią grupę metod, najczęściej dwuparametrowych, do oceny ryzyka. W metodach tych parametrami ryzyka są skutki zdarzenia i prawdopodobieństwo skutków zdarzenia, zaś ryzyko jest kombinacją tych parametrów. Matryce ryzyka są metodami indukcyjnymi pozwalającymi na jakościową ocenę ryzyka. Szacowanie parametrów ryzyka odbywa się na kilku, najczęściej trzech do sześciu poziomach. Wartościowanie ryzyka polega na określeniu wartości ryzyka poprzez obliczanie iloczynu parametrów ryzyka i odczytaniu poziomu ryzyka z matrycy ryzyka.

Znanych jest wiele metod oceny ryzyka. Różnią się one między sobą przede wszystkim przyjętym poziomem szczegółowości analiz.

Wyróżniamy następujące metody szacowania ryzyka [10]:

- Wstępna analiza zagrożeń PHA (Preliminary Hazard Analysis),
- Metoda RISK SCORE,
- Metoda FIVE STEPS,
- Metody matrycowe (PN-N-18002),
- Metoda GRAF RYZYKA,
- Metoda ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

4. Charakterystyka stanowisk pracy w Wydziale Ekspedycji i Rozdzielni w Poczcie Polskiej

Poczta Polska jest państwowym przedsiębiorstwem użyteczności publicznej, które zajmuje się świadczeniem usług pocztowych, pieniężnych, bankowych i ubezpieczeniowych. Przedsiębiorstwo to jest operatorem publicznym, przez co zobligowane jest, na podstawie rozporządzenia ministra infrastruktury, do świadczenia powszechnych usług pocztowych. Oznacza to, że ma obowiązek na terenie całego kraju świadczyć usługi polegające na przyjęciu i doręczeniu [5]:

- listów do 2 kg,
- paczek do 10 kg,
- przesyłek dla ociemniałych,
- przekazów pocztowych.

Poczta Polska posiada także dodatkowe obowiązki, a wśród nich umożliwienie traktowania listu jako przesyłki poleconej, a listu i paczki jako przesyłki z zadeklarowaną wartością. Obowiązki te zostały nałożone na podstawie "Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 9 stycznia 2004 r. w sprawie warunków wykonywania powszechnych usług pocztowych" oraz "Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 21 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków wykonywania powszechnych usług pocztowych". Przedstawione akty prawne pozwalają zapewnić wszystkim mieszkańcom Polski dostęp do podstawowych usług pocztowych.

W strukturze organizacyjnej Poczty Polskiej działają następujące jednostki organizacyjne:

- Dyrekcja Generalna Poczty Polskiej,
- Jednostki organizacyjne o ogólnopolskim zasięgu działania,
- Oddziały regionalne pełniące funkcje jednostek organizacyjnych o okręgowym zasięgu działania,
- Oddziały rejonowe pełniące funkcje jednostek organizacyjnych o rejonowym zasięgu działania,
- Jednostki organizacyjne o terenowym zasięgu działania,

Jednostką organizacyjną o rejonowym zasięgu działania jest Centrum Poczty Oddział Rejonowy. Do podstawowych zadań CP ORJ należy organizowanie i wykonywanie, na wyznaczonym obszarze, usług będących przedmiotem działalności CP oraz stosowanie nadzoru nad działalnością podległych jednostek organizacyjnych.

Jedynymi z jednostek organizacyjnych podległych bezpośrednio Dyrektorowi CP ORJ są Urzędy Pocztove jak i Punkty Pocztove. Do podstawowych zadań UP należy wykonywanie usług na wyznaczonym obszarze działania, w tym powszechnych usług pocztowych w zakresie określonym przez Dyrektora CP ORJ oraz umów i porozumień zawieranych pomiędzy CP, a innymi jednostkami organizacyjnymi Poczty Polskiej.

Natomiast do zadań CP PP należy wykonywanie czynności operacyjnych występujących w procesie świadczenia usług przez CP, w tym czynności przyjmowania przesyłek od masowych nadawców, czynności związane z przeładunkiem przesyłek pocztowych i czynności doręczania przesyłek na określonym obszarze działania.

Główny proces publicznego operatora pocztowego w Polsce – Poczta Polska, oparty jest na fizycznym przepływie przesyłek pocztowych od nadawcy do adresata. Pracownik rozdzielni miejskiej odbiera od pracownika Wydziału Ekspedycji i Rozdzielni przesyłki listowe zwykłe i dzieli je na rejony doręczeń, skrytki, przegródki i na poszczególne urzędy na terenie miasta zajmujące się wydawaniem przesyłek abonentom skrytek.

4.1. Stanowisko listonosza

Listonosz to pracownik urzędu pocztowego doręczający adresatom listy, przekazy i inne przesyłki – doręczyciel pocztowy. Każdy listonosz obsługuje powierzony rejon w zakresie oddawczym zgodnie z obowiązującymi przepisami. Listonosze miejscy i wiejscy wykonują następujące czynności [6]:

- Doręczają przesyłki pocztowe, przekazy pocztowe, w tym ze świadczeniem emerytalno – rentowym, przekazy czekowe PKO, dokumenty oddawcze i zawiadomienia oraz egzemplarze prasy otrzymane w placówce doręczenia;
- Inkasują ciężące na przesyłkach kwoty pobrania oraz kwoty pieniężne;
- Przyjmują przedpłaty na prenumeratę;
- Prowadzą sprzedaż znaczków pocztowych, artykułów handlowych;
- Przyjmują pełnomocnictwa pocztowe od osób niepełnosprawnych;
- Sporządzają zawiadomienia o nadejściu przesyłek;

Przed wyjściem w rejon listonosz pobiera za pokwitowaniem:

- z dopisu przesyłek rejestrowanych:
 - listy polecone krajowe i zagraniczne,
 - listy wartościowe,
 - listy za pobraniem,
 - przesyłki EMS Pocztex,
 - prenumeratę pocztową,
 - zawiadomienia o nadeszłych przesyłkach – sumarycznie,
 - przesyłki listowe z naklejonymi znaczkami dopłaty,
- z dopisu przekazów:
 - przekazy pocztowe, rentowe, чеки PKO,
- z kasy głównej:
 - sumy pieniężne na wypłatę przekazów pocztowych, rentowych i czeków,
- z rozdzielni miejskiej przesyłek:
 - zwykłe przesyłki listowe,
 - czasopisma.

Zwykle przesyłki listowe i egzemplarze prasy, przeznaczone do doręczenia, odbiera listonosz w placówce pocztowej bez pokwitowania. Przesyłki rejestrowane (przesyłki polecone, listy wartościowe, paczki oraz przesyłki EMS-POCZTEX), przekazy, kwoty pieniężne, dokumenty oddawcze na przesyłki rejestrowane, zawiadomienia o przesyłkach lub przekazach odbiera listonosz za pokwitowaniem. Przy odbiorze przesyłek listonosz jest zobowiązany sprawdzić, czy opakowania przesyłek są nienaruszone i nieuszkodzone. Listonoszowi nie wolno przyjmować do doręczenia przesyłek z uszkodzonym lub naruszonym opakowaniem. W razie otrzymania takich przesyłek, listonosz powinien zwrócić je żądając równocześnie dokonania odpowiednich zmian w dokumentach. Przy odbiorze przesyłek zwykłych wymagających pokwitowania, przesyłek rejestrowanych, przekazów i kwot pieniężnych listonosz jest zobowiązany sprawdzić dokładnie czy wpisy do kart doręczeń, zbiorowych dowodów odbioru, ksiąg oddawczych, wykazu przesyłek listowych i dziennika oddawczo-kontrolnego przekazów telegraficznych oraz książeczki doręczeń są zgodne z liczbą odbieranych przesyłek, ze znamionami przesyłek (w tym z podziałem na przesyłki priorytetowe i ekonomiczne, o ile zastosowano w placówce pocztowej odrębne dokumenty dla zapisywania tych przesyłek), a także z liczbą przekazów i z odbieranymi kwotami. Otrzymane do doręczenia przesyłki, przekazy, dokumenty oddawcze, zawiadomienia i inne przedmioty listonosz powinien – przed wyjściem z placówki pocztowej – ułożyć wg adresów i kolejności doręczania.

W razie stwierdzenia na otrzymanych przesyłkach listowych nie skasowanych znaczków pocztowych, listonosz powinien skasować je przez przekreślenie na krzyż długopisem. Znaczkę należy przekreślać w taki sposób, aby w jak największym stopniu zachować wygląd estetyczny przesyłki. Powinien on dołożyć wszelkich starań w celu zachowania estetyki doręczanych przesyłek: nie giąć ich, nie miąć, nie brudzić i nie umieszczać na nich niepotrzebnych napisów. Jeżeli wśród przesyłek przeznaczonych do doręczenia listonosz znajdzie przesyłki uszkodzone, przesyłki nieopłacone lub niedostatecznie opłacone, a nieobciążone dopłatą, przesyłki z nalepionymi na nich znaczkami nieważnymi, przesyłki z widocznymi napisami lub rysunkami naruszającymi wartości chronione przez prawo – powinien przesyłki takie wyłączyć z doręczenia i okazać kierownikowi. Listonosze zobowiązani są osobiście doręczać przesyłki pocztowe, kwoty przekazów i inne przedmioty otrzymane do doręczenia. Nie wolno im przy wykonywaniu służby wyręczać się innymi osobami. Podczas obsługi rejonów listonosze sprzedają;

- znaczki pocztowe;
- karty pocztowe, kartki okolicznościowe, koperty, widokówki;
- prasę;
- artykuły handlowe.

Asortyment artykułów handlowych oraz warunki sprzedaży są określane przez Dyrektora Centrum Poczty Oddziału Rejonowego. Listonosze codziennie rozliczają się z placówką z kwot uzyskanych ze sprzedaży.

Po zakończeniu obsługi rejonu – awizowane przesyłki i przekazy (liczbę i rodzaj przekazywanych przesyłek i przekazów) listonosze wpisują do książeczki doręczeń

sumarycznie. Pokwitowanie odbioru awizowanych przesyłek i przekazów składa się z odcisku datownika placówki odbierającej i podpisu pracownika. Przesyłki rejestrowane przekazują na podstawie sporządzonej przez siebie karty odsyłkowej. W nagłówku karty odsyłkowej listonosz wpisuje swoje imię i nazwisko, numer rejonu doręczeń oraz nazwę placówki odbierającej. W odpowiednich pozycjach karty odsyłkowej wpisuje się [5]:

- listy polecane – sumarycznie;
- paczki zwykłe – indywidualnie;
- listy wartościowe i paczki wartościowe – indywidualnie;
- przesyłki EMS-POCZTEX – indywidualnie.

Po powrocie z rejonu listonosz jest zobowiązany niezwłocznie uporządkować niedoręczone przesyłki oraz inne przedmioty i dokumenty oddawcze i usunąć stwierdzone braki na pokwitowaniach i napisach. Następnie powinien się zgłosić do właściwego pracownika kasowego i dokonać z nim rozliczenia z kwot pieniężnych otrzymanych do wypłaty i zainkasowanych w rejonie. Po rozliczeniu się z właściwymi pracownikami listonosz na polecenie przełożonego powinien okazać torbę do sprawdzenia pracownikowi wyznaczonemu do wykonywania tych czynności.

Listonosze są służbowo, karnie i materialnie odpowiedzialni za powierzone im przesyłki i inne przedmioty, prawidłowe doręczanie przesyłek, oraz ściśle przestrzegać tajemnicy korespondencji.

Jedną z dróg wiodących do poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy jest prowadzenie w zakładzie oceny ryzyka zawodowego. Przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego ma na celu [3]:

- Sprawdzenie, czy występujące na stanowiskach pracy zagrożenia zostały zidentyfikowane i czy jest znane związane z nimi ryzyko zawodowe;
- Wykazanie, zarówno pracownikom, jak i ich przedstawicielom oraz organom nadzoru i kontroli, że przeprowadzono analizę zagrożeń i zastosowano właściwe środki ochronne;
- Dokonanie odpowiedniego wyboru wyposażenia stanowisk pracy, materiałów oraz organizacji pracy;
- Zapewnienie ciągłej poprawy bezpieczeństwa i higieny pracy;

Zagrożenia można identyfikować na podstawie analizy informacji zebranych w wyniku obserwacji środowiska pracy oraz obserwacji zadań wykonywanych na stanowisku pracy. Do identyfikacji zagrożeń można zastosować metodę list kontrolnych, które mogą być opracowywane na przykład z wykorzystaniem wykazów czynników szkodliwych i/lub niebezpiecznych. Na etapie identyfikacji przydatna jest przede wszystkim wiedza na temat zagrożeń występujących na analizowanym stanowisku. W każdym przypadku zaleca się sprawdzić, czy wszystkie zagrożenia zostały zidentyfikowane i czy dostępne na ich temat informacje są wystarczające do oceny ryzyka zawodowego.

4.2. Zagrożenia związane z wykonywanym zawodem

Zagrożenia na stanowisku doręczyciela przesyłek pocztowych oraz źródło zagrożenia przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Zagrożenia na stanowisku listonosza [8]

Zagrożenia	Źródło zagrożenia
Potrącenia przez ruchome obiekty (wypadek komunikacyjny)	Pojazdy poruszające się po ulicach
Szorstkie lub ostre krawędzie	Przenoszone paczki, ostre krawędzie elementów starych zaniedbanych budynków (krawędzie bram, drzwi, balustrad)
Potknięcie się i upadek na tym samym poziomie	Nierówne i śliskie powierzchnie ulic, klatek schodowych
Upadek na niższy poziom	Przemieszczanie się po klatkach schodowych w starych zaniedbanych budynkach
Przeciążenia układu ruchu (mięśniowo – szkieletowego)	Przenoszenie ciężkiej torby na znaczne odległości po drogach poziomych i po schodach
Częste i duże zmiany temperatury	Praca w różnych porach roku, wchodzenie i wychodzenie z budynków i mieszkań
Napad rabunkowy	Działanie osób trzecich w związku z przenoszeniem pieniędzy
Pogryzienie	Zwierzęta domowe (psy) na terenie posesji i w mieszkaniach, niebezpieczne zwierzęta hodowlane, owady (szerszenie, osy, pszczoły)
Agresja mieszkańców i odbiorców przesyłek	Reakcje odbiorców np. na doręczanie różnego rodzaju przesyłek
Energia elektryczna	Przemieszczanie się po klatkach schodowych w starych zaniedbanych budynkach o niesprawnej instalacji elektrycznej
Wypadki komunikacyjne (listonosz wykorzystujący prywatny pojazd do obsługi rejonu)	Uczestniczenie w ruchu drogowym, środki transportu używane przez osoby trzecie i niesprawne środki transportu używane przez pracownika
Upadki na niższy poziom ze środka transportu (rower, motorower, motor)	Stan techniczny dróg, niestabilnie umocowany na pojeździe koszyk oraz przewożony materiał pocztowy
Stres	Lęk przed napadem w związku z przenoszeniem pieniędzy
Biologiczne	Kontakty z klientami

Tabela 1 przedstawia zagrożenia oraz źródło zagrożeń dla wszystkich listonoszy. Jednak w różnych rejonach mogą występować inne zagrożenia. W celu zidentyfikowania zagrożeń przygotowywane są „Karty zagrożeń” na każdy rejon obsługiwany przez listonoszy, co pokazano w tabeli 2.

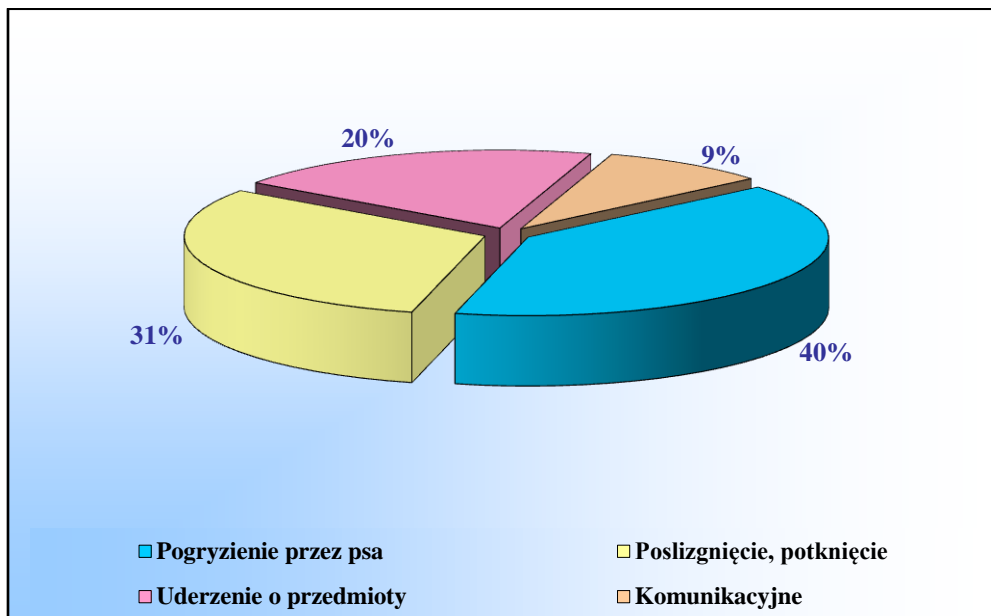
Tabela 2. Przykładowa karta zagrożeń w rejonie [2]

Wyszczególnienie zagrożenia	Miejsce zagrożenia	Dokładny opis zagrożenia oraz postępowanie zakresie wyeliminowania
Duży groźny pies	ul. Festiwalowa 1	Zachować ostrożność
Mały groźny pies	ul. Żurawia 1	Zachować ostrożność
Sklep spożywczy (spożywanie alkoholu)	ul. Wyszyńskiego 1 „Biedronka”	Miejsce pijackich spotkań – zachować ostrożność
Zagrożenia społeczne	ul. Ptasia	Miejsce alkoholowych spotkań - zachować ostrożność przy wypłatach rent i innej gotówki
Duży pies	ul. Anieli Krzywoń 4	Brak dzwonka – zachować ostrożność
Melina pijacka	ul. Zamenhofa	Zachować ostrożność przy wypłatach gotówki
Zagrożenie społeczne	ul. Konicza	Narkomani – zachować szczególną ostrożność przy wchodzeniu na klatkę schodową
Osoba chora psychicznie	ul. Zamenhofa	Zachować ostrożność – przy doręczaniu przesyłek
Groźny pies	ul. Szafrana 13	Zachować ostrożność
Groźny pies	ul. Poznańska 12	Pies biega luzem, brak dostatecznego dozoru – zachować szczególną ostrożność
Groźny duży pies	ul. Chynowska	Pies za ogrodzeniem, utrudnia doręczenie listów poleconych i przesyłek – zachować ostrożność
Dwa groźne psy	ul. Grzybowa 15	Uszkodzone ogrodzenie
Groźny pies	ul. Truskawkowa	Pies biega luzem, brak dzwonka – zachować ostrożność
Oblodzona nawierzchnia	Cały rejon	Zachować ostrożność

Karta zagrożeń pozwala się zapoznać listonoszom z zagrożeniami występującymi w danym rejonie. Szczególnie jest to przydatne, gdy listonosz nie zna danego rejonu (zastępuje innego pracownika w czasie jego nieobecności – zwolnienie lekarskie, urlop). Listonosze pracujący na poczcie należą do grupy o dużym ryzyku zawodowym. Doręczyciele borykają się z problemem groźnych psów, które utrudniają im wykonywanie obowiązków. Często zdarza się, że zwierzęta są spuszczone, biegają bez kagańca, albo nieprzypilnowane wybiegają zza drzwi mieszkania i atakują listonosza. Ludzie coraz częściej trzymają w domach bardzo niebezpieczne rasy psów. W Gazecie Lubuskiej z dnia 12 marca 2002 roku ukazał się artykuł pt. „Coś na ząb”, w którym wymienione zostały niebezpieczne rasy psów, które mogą być zagrożeniem dla listonoszy. W artykule przybliżony został problem listonoszy oraz zagrożenia, jakie mogą stanowić groźne, pozostawione bez opieki psy.

Jak widać na przedstawionym na rys. 1 wykresie, największy procent wypadków stanowi pogryzienie przez psa, następnie różne potknięcia, poślizgnięcia na śliskich nawierzchniach (chodnikach, ciągach komunikacyjnych). Spory procent wypadków

stanowią również uderzenia o różne źle zabezpieczone przedmioty czy też nieuważę samego listonosza. Najmniejszy procent stanowią wypadki komunikacyjne (szczególnie dotyczy to listonoszy, którzy korzystają z własnych pojazdów), jednak ich skutki są bardzo niebezpieczne.



Rys. 1. Okoliczności wypadków stan na 2007r [2]

4.3. Przykłady wypadków, jakim ulegli listonosze

Przykłady wypadków, jakim ulegli listonosze zatrudnieni w Centrum Poczty w Zielonej Górze obsługujący różne rejony [2].

W dniu 31.07.2001r. Pani Jadwiga K. rozpoczęła prace, o godz. 8⁰⁰ jako listonosz. Obsługując rowerem rejon doręczeń 29 (po opuszczeniu siedziby firmy) około godz. 11⁰⁰ podjechała pod posesję nr 24 przy ul. Jastrzębiej w celu doręczenia dwóch przesyłek zwykłych. Odstawiwszy rower pod płotem sąsiedniej posesji podeszła pod bramę adresata, za którą biegał agresywnie zachowujący się duży pies rasy „terier”. Do listonoszki wyszła właścicielka psa, która usiłowała go bezskutecznie odgonić. Pies po ponownym dobiegnięciu do bramy wjazdowej nagle przeskoczył przez nią i po dobiegnięciu do listonoszki chwycił ją za lewą stronę klatki piersiowej pod ramieniem. Natychmiastowa reakcja właścicielki i pracowników pracujących przy renowacji drogi doprowadziła do uwolnienia poszkodowanej i odgonienia psa. Na okoliczność doznanego urazu lekarz wystawił zwolnienie lekarskie na okres 15 dni.

W toku dochodzenia powypadkowego zespół powypadkowy ustalił, że:

- Teren posesji był ogrodzony, a wejście (brama wjazdowa i furtka zaopatrzona w sprężynę naciągową) wykonane z konstrukcji metalowej wyniesionej do wysokości około 1,7 m;
- Teren posesji był oznakowany tabliczką „Uwaga zły pies”, a na stronie frontowej wywieszono skrzynkę pocztową i domofon;
- Pies posiadał aktualne szczepienia przeciw wściekliźnie.

Zespół powypadkowy stwierdził, że przyczyną wypadku było zaskoczenie niespodziewanym zdarzeniem, tj. niespodziewane przeskoczenie psa przez wysokie ogrodzenie posesji.

Artykuł Pt. „Zaatakował pies” na temat tego wypadku ukazał się w „Gazecie Lubuskiej” w dniu 06.08.2001r. Jak czytamy w artykule – poczta powiadomiła o zdarzeniu policję, a cała sprawa znajdzie się prawdopodobnie w kolegium ds. wykroczeń. Mieszkańcy Chynowa nie czują się bezpiecznie. Jeden z czytelników powiedział, że pies, który pogryzł listonoszkę, często biega po ulicy. W późniejszym artykule, pt. „Atak za furtką” również w „Gazecie Lubuskiej” z dnia 13.08.2001r. napisane było, iż właściciel aby zapobiec następnym wypadkom podwyższył ogrodzenie, co jego zdaniem wyklucza możliwość przedostania się psa poza teren posesji.

Listonoszka po zakończeniu zwolnienia lekarskiego wróciła do pracy.

W dniu 02.08.2007 r. [2] pan Janusz R. pracę rozpoczął o godz. 9⁰⁰ jako listonosz Urzędu Poczтового w Zarach. Podczas obsługi rejonu doręczeń nr 1 – podjechał rowerem pod posesję nr 21 przy ul. Ludowej. Po pozostawieniu roweru pod płotem wszedł na teren posesji trzymając w rękach list i „listownik”. Idącego wzdłuż budynku listonosza zaatakował pies rasy „Bokser” gryząc go w nogę, dłoń i II palec prawej ręki. Przebywająca na terenie posesji właścicielka niezwłocznie odciągnęła psa umożliwiając tym samym listonoszowi opuszczenie terenu. Listonosz nie skorzystał z pomocy lekarskiej. Przykładowe zdjęcia z dokumentacji powypadkowej po pogryzieniu listonoszy przez psy pokazane są na rys.



Rys. 2. Zdjęcia z dokumentacji powypadkowej [1]

W toku dochodzenia powypadkowego zespół powypadkowy ustalił:

- Pies na terenie posesji, gdzie doszło do zdarzenia przebywał od 3 dni sprowadzony z Hodowli Psów i Kotów w Sieciejowie;

- Termin szczepienia psa przeciw wściekliznie upłynął z dniem 17.05.2007 r.
- Pies został poddany obserwacji weterynaryjnej na wykluczenie wścieklizny;
- Teren posesji był oznakowany tabliczką z napisem „Uwaga zły pies”;
- W dniu zdarzenia było to pierwsza wizyta listonosza po sprowadzeniu psa na teren posesji;
- W chwili dochodzenia do posesji, ani po wejściu na nią pies nie był widoczny, tzn. nie było widocznych oznak zagrożenia;

Zespół powypadkowy stwierdza, że przyczyną wypadku było zaskoczenie niespodziewanym zdarzeniem, tj. nagle pojawienie się psa, którego podczas poprzednich wizyt listonosza nie było.

W dniu 21.01.2008 r. pan Krzysztof K. [2] przystąpił do pracy o godz. 7⁰⁰ w Urzędzie Poczтовым Zielona Góra 2, jako listonosz. W tym dniu miał do obsłużenia rejon doręczeń nr 36 oraz w ramach zastępstwa część rejonu 32. Rejony doręczeń znajdują się na terenie miasta Zielona Góra. Listonosz w rejon doręczeń, UP Zielona Góra 2, wyjechał około godz. 9³⁰. Po obsłużeniu rejonu doręczeń nr 36, udał się na swoją część obsługiwanego w ramach zastępstwa rejonu nr 32. Około godz. 12⁵⁵ listonosz po doręczeniu korespondencji w Gimnazjum nr 5, mieszczącym się przy ul. Piastowskiej 9 skierował się w kierunku posesji nr 4. Idąc chodnikiem, lewa stopa „wywinęła się” na zewnętrzną stronę. Listonosz poczuł silne ukłucie w okolicy kostki lewej nogi. Po odczekaniu chwili, ból minął, więc listonosz przystąpił do dalszej pracy (do obsłużenia zostało mu pięć numerów przy ul. Piastowskiej). Po zakończeniu pracy w rejonie poszedł do UP Zielona Góra 6, w celu rozliczenia się z awizowanych przesyłek. Przebywając na terenie urzędu, poczuł ucisk w lewym bucie, a po dotknięciu ręką kostki wyczuł opuchliznę. O zaistniałym zdarzeniu poinformował Kierownika zmiany. Po zakończeniu rozliczania się, pojechał do urzędu macierzystego, gdzie Kierownikowi zmiany zgłosił wypadek przy pracy. Po zakończeniu pracy, pojechał do Szpitala w Zielonej Górze, gdzie lekarz na Oddziale ratunkowym na podstawie zdjęcia RTG stwierdził skręcenie lewego stawu skokowego. Lekarz zalecił założenie opatrunku gipsowego, lecz poszkodowany odmówił. W dniu następnym listonosz udał się do lekarza ortopedy, który potwierdził diagnozę lekarza ze Szpitala oraz wystawił zwolnienie lekarskie na okres siedmiu dni.

Zespół powypadkowy w trakcie dochodzenia ustalił:

- Chodnik przy ul Piastowskiej wyłożony jest płytkami chodnikowymi. Płytki posiadają liczne ubytki i nierówności;
- W momencie zaistnienia zdarzenia wypadkowego (powstania urazu), listonosz w trakcie chodu był zajęty wyciąganiem przesyłek z torby doręczycielskiej;

Przyczyny wypadku:

- Niezachowanie koncentracji uwagi przez poszkodowanego podczas poruszania się po chodniku (listonosz zajęty był wyjmowaniem korespondencji z torby, a nie obserwowaniem terenu, po którym się poruszał);
- Nieodpowiedni stan techniczny płytek chodnikowych, po których się poruszał poszkodowany;

W dniu 29.11.2002 r. [2] pan Wojciech J. rozpoczął pracę o godz. 8⁰⁰, jako listonosz. Obsługując rejon doręczeń nr 2 wiejski około godz. 10³⁰ dojechał samochodem marki FSM Polski Fiat 126p do posesji nr 36 w miejscowości Jabłonie. Po doręczeniu przesyłki pod w/w adresem jadąc samochodem polną drogą w kierunku centrum wsi zauważył stojący na środku drogi samochód. W trakcie jego omijania po nierównym poboczu samochód listonosza uległ awarii – nastąpiło silne zgrzytnięcie pod podwoziem i pojazd zaczął tracić moc. Po wyjechaniu na drogę stanął w odległości około 8 m za obcym pojazdem. W celu sprawdzenia rozmiaru usterki listonosz otworzył drzwi samochodu. W tym momencie zauważył pistolet w odległości około 20 cm od swojej twarzy, który natychmiast wypalił. Ogłuszony wystrzałem z pistoletu gazowego poszkodowany wyskoczył z pojazdu na drogę i zaczął na oślep uciekać w stronę najbliższych zabudowań. W tym czasie napastnicy po zabraniu gotówki odjechali. Po chwili na miejsce zdarzenia przyjechała Policja i Pogotowie Ratunkowe. Karetka zawiozła poszkodowanego do Ośrodka Zdrowia w Lubsku, gdzie lekarz stwierdził u poszkodowanego liczne ciała obce w obu rogówkach oczu oraz głębokie oparzenia rogówek. Listonosz otrzymał zwolnienie lekarskie na okres 8 dni. Poszkodowany przeszedł szkolenia z zakresu BHP i posiada aktualne badania lekarskie. Zespół wypadkowy stwierdził, że główną przyczyną wypadku był napad rabunkowy z użyciem broni – pistoletu gazowego.

W dniu 01.08.2008 r. [2] pani Bożena S. przystąpiła do pracy o godz. 8⁰⁰ w Urzędzie Poczтовым Łęknica jako listonosz. Jadąc ul. 1 Maja w Łęknicy, znajdując się na wysokości przystanku autobusowego, zauważyła w przednim lusterku, że z tyłu w jej kierunku zbliża się pojazd. Wg poszkodowanej pojazd jechał z dużą prędkością, a kierowca nie obserwował podczas jazdy drogi (patrzył na bok). Nie zdążyła zareagować, gdy nadjeżdżający pojazd uderzył w tył jej samochodu. Miejsce kolizji i tył samochodu listonoszki pokazane są na rys. 3. Do kolizji drogowej doszło około 10⁴⁵. Kierująca pojazdem opuściła pojazd o własnych siłach. Ból w plecach, drętwienie nóg pojawiły się po około 5 min po zdarzeniu. W międzyczasie świadek zdarzenia, polecił jej usiąść i nie ruszać się. Następnie telefonicznie zawiadomiła naczelnika UP w Łęknicy o zaistniałym zdarzeniu. Na miejsce kolizji przybyła Policja i Pogotowie Ratunkowe, które zabrało poszkodowaną na obserwację do Szpitala z Żarach. Po wykonaniu RTG, lekarz wykluczył złamania kości, stwierdził stłuczenie okolicy kości krzyżowej i ogólne potłuczenia ciała.

Ustalono następujące przyczyny wypadku:

- Zaskoczenie niespodziewanym zdarzeniem spowodowane nagłym najechaniem na tył pojazdu kierowanego przez poszkodowaną przez inny pojazd. Policja uznała panią listonosz, jako poszkodowaną w kolizji drogowej.



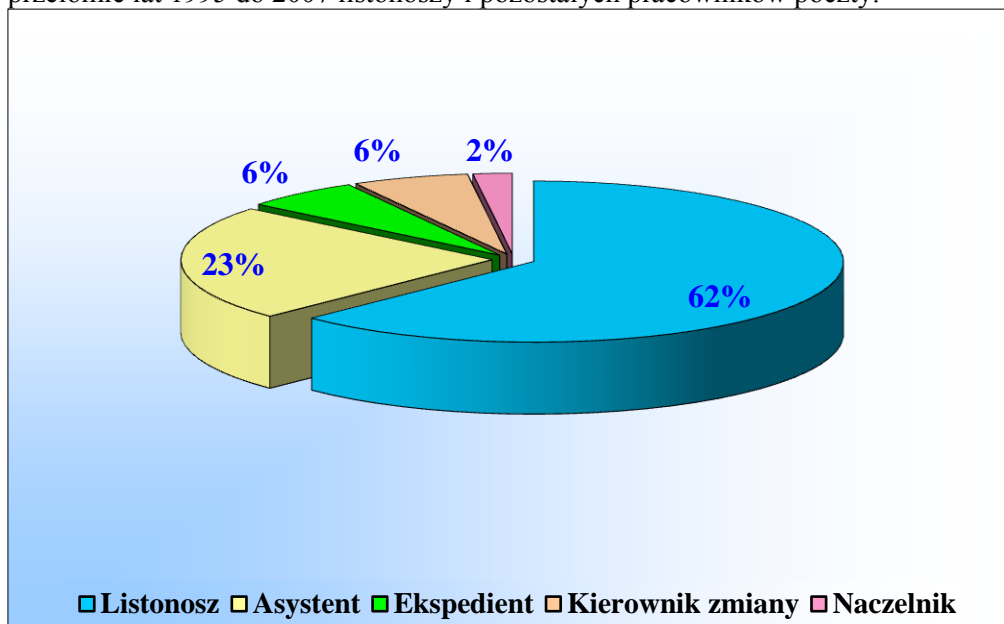
miejsce powstania zdarzenia
wypadkowego



pojazd poszkodowanej

Rys. 3. Dokumentacja zdjęciowa wypadku przy pracy [2]

Ze statystyk przeprowadzonych przez służby BHP (rys. 4) wynika, że listonosze stanowią największą grupę wśród pracowników Poczty Polskiej ulegającym wypadkom przy pracy. Poniższy wykres (rys. 2) przedstawia wypadkowość na przełomie lat 1995 do 2007 listonoszy i pozostałych pracowników poczty.



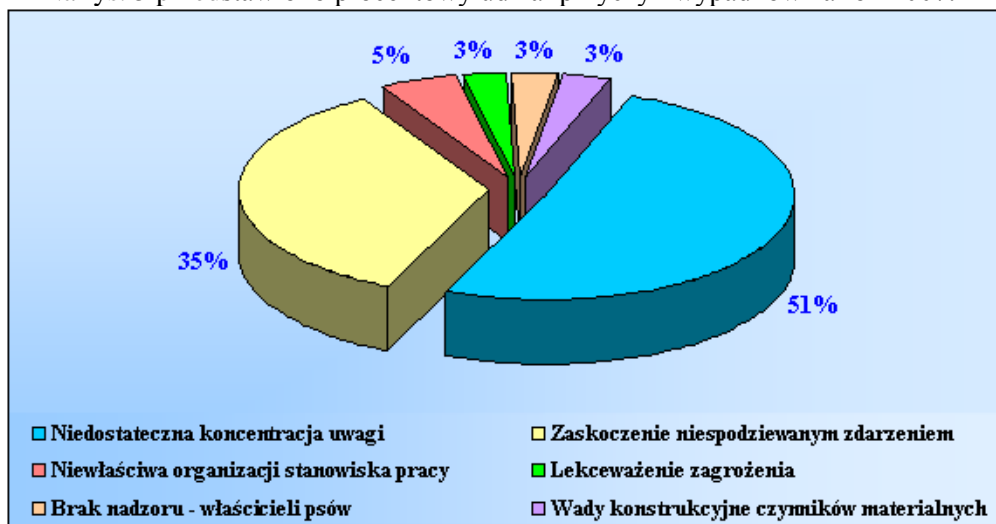
Rys. 4. Wypadkowość wg stanowisk pracy [2]

Z protokołów powypadkowych sporządzanych przez Komisje Powypadkowe wynika, iż głównymi przyczynami wypadków są:

- niedostateczna koncentracja uwagi,

- niewłaściwa organizacja stanowiska pracy,
- zaskoczenie niespodziewanym zdarzeniem,
- lekceważenie zagrożenia,
- brak nadzoru – dotyczy to właścicieli psów,
- wady konstrukcyjne czynników materialnych.

Na rys. 5 przedstawiono procentowy udział przyczyn wypadków za rok 2007.



Rys. 5. Przyczyny wypadków w roku 2007 [2]

4.4. Zapobieganie zagrożeniom

Corocznie dochodzi od kilkunastu do kilkudziesięciu wypadków przy pracy z udziałem listonoszy. Pogryzienia przez psy pracowników służby doręczeń stanowi większość wszystkich zdarzeń wypadkowych. Do tej sumy należy doliczyć także liczne sytuacje niebezpieczne z udziałem zwierząt, ale które nie ukończyły się urazem pracownika. Większość tych niebezpiecznych zdarzeń jest spowodowane poprzez nieodpowiednie zabezpieczenie psa przez swojego właściciela (brak kagańca, smyczy). W związku z powyższym prowadzona jest akcja informacyjna przez Służby ds. bezpieczeństwa i higieny pracy wśród mieszkańców na terenie działania Centrum Poczty Oddział Rejonowy w Zielonej Górze. Umieszczane są na drzwiach wejściowych, za zgodą Spółdzielni Mieszkaniowych, naklejki pt. „Dbaj o bezpieczeństwo Swojego listonosza...” (rys. 6). Aby szerzej rozpropagować akcję zielonogórska służba BHP postanowiła umieszczać w placówkach pocztowych i innych instytucjach publicznych plakaty apelujące do właścicieli agresywnych czworonogów o rozważę i właściwy nadzór nad swymi pupilami (rys. 7). Służby BHP wraz z pomocą dzielnicowych prowadzą rozmowy dyscyplinujące z właścicielami agresywnych zwierząt. Ścisła współpraca pocztowców ze strażą

miejską i policją dodatkowo usprawniły egzekucję obowiązków ciężących nad właścicielami agresywnych psów.



Rys. 6. Wzór plakatu umieszczanego w UP i instytucjach publicznych [2]



Rys. 7. Wzór ulotki wywieszanej na klatkach schodowych [2]

Tabela 3 przedstawia działania, które są prowadzone do każdego rodzaju zagrożenia. Ponadto prowadzone są szkolenia z zakresu samoobrony przez specjalistów, a także przez Policję. Prowadzenie i aktualizacja rejestrów zagrożeń w rejonie doręczeń pozwala na szczególne zwrócenie uwagi na miejsca wysokiego zagrożenia. Wyposażenie listonoszy w gaz pieprzowy, żelowy czy paralizator nie wyeliminuje zagrożenia, ale pozwoli czuć się bezpieczniejszym w rejonach o dużym zagrożeniu. Ważnym zapobieganiem zagrożeniom są szkolenia z zakresu BHP prowadzone przez odpowiednie służby, w których zwraca się uwagę na nowopowstałe zagrożenia i miejsca szczególnie niebezpieczne. Wszystkich zagrożeń nie da się jednak wyeliminować, ale zachowanie szczególnej ostrożności, przestrzeganie zasad BHP jak i zachowanie koncentracji pozwoli na bezpieczne wykonywanie obowiązków służbowych.

Tabela 3. Działania zapobiegawcze ograniczające poziom zagrożenia [8]

Lp.	Zagrożenie	Działania zapobiegawcze
1.	Powierzchnie, na których jest możliwy upadek, przez poślizgnięcie lub potknięcie	Zapewnić odpowiednie (nie śliskie obuwie).
2.	Niebezpieczeństwo upadku z wysokości	Zachować dostateczną koncentrację uwagi podczas poruszania się po schodach. Używanie środków ochronnych głowy podczas jazdy pojazdami jednośladowymi napędzanymi silnikiem spalinowym.
3.	Porażenie prądem elektrycznym	Szkolenie pracowników w zakresie obsługi urządzeń elektrycznych. Bezwzględnie przestrzegać instrukcje bezpiecznej pracy.
4.	Przeciążenie układu ruchu	Stosowanie skrzynek kontaktowych w rejonach doręczeń, zapewnienie przestrzegania norm obciążeniowych oraz odpowiednie noszenie torby doręczycielskiej Zapewnić szkolenie w zakresie przenoszenia ciężarów.
5.	Przeziębienie	Zapewnić odpowiednio dobraną odzież i obuwie robocze.
6.	Napad	Zachowanie tajemnicy służbowej. Zachowanie ostrożności podczas poruszania się po ciągach komunikacyjnych, uczestniczenie w szkoleniach z zakresu samoobrony, używanie w ostateczności gazu pieprzowego lub paralizatora.
7.	Pogryzienie przez psa	Zachowanie ostrożności podczas wchodzenia na teren prywatnych posesji, stały kontakt z właścicielami zwierząt.
8.	Stres	Wyeliminowanie regularnego przenoszenia dużych wartości pieniężnych
9.	Wypadek komunikacyjny	Bezwzględne przestrzeganie zasad poruszania się po ciągach komunikacyjnych. Używanie sprawnych technicznie środków transportu.

4.5. Analiza wyników

Ocenę ryzyka zawodowego na stanowisku doręczyciel (listonosz) przeprowadzona została według trzech metod:

- Wstępna Analiza Zagrożeń **PHA** – metoda matrycowa, indukcyjna, pozwalająca na jakościowe oszacowanie ryzyka. Szacowanie ryzyka to jest określenie możliwych strat poprzez stopień szkód **S** i prawdopodobieństwo **P**, z jakim szkody mogą wystąpić.
- Metoda **RISC SCORE** – jest jakościową, wskaźnikową metodą oceny ryzyka, w której określane w definicji ryzyka prawdopodobieństwo skutków zdarzenia jest uszczegółowione i przedstawione przez trzy parametry ryzyka, tj. ekspozycję na zagrożenie **E**, prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia **P** oraz **S** skutki zdarzenia.
- Metoda **FIVE STEPS** – jest metodą oceny ryzyka, w której określane w definicji ryzyka jest uszczegółowione i przedstawione przez parametry ryzyka, tj. częstotliwość **F** narażenia (ekspozycję), **I** liczbę osób narażonych, **S** następstwa, skutki zdarzenia oraz prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia **P**.

Nie ma metody idealnej do oszacowania ryzyka zawodowego. Każda z wyżej przedstawionych ma swoje wady i zalety. Do wad metody zaliczamy m.in. lakoniczny opis poziomów szacowanych parametrów, zbyt małą liczbę poziomów, brak wskazówek dotyczących działań profilaktycznych. Najkorzystniejsze jest jednak wybranie i zastosowanie metody, w której parametry ryzyka scharakteryzowane są precyzyjnie, czytelnie i zrozumiale.

Obiektywną ocenę ryzyka zawodowego na stanowisku doręczyciel (listonosz) wykazuje metoda Risc Score, w której do dyspozycji jest więcej od pozostałych wymienionych metod parametrów, a każdy z parametrów opisuje wielopoziomowa skala. W metodzie tej nie ma gwałtownego przejścia od poziomu „ryzyka akceptowalnego” do poziomu „ryzyka niedopuszczalnego”.

Sposób dokumentowania ryzyka zawodowego powinien być opracowany przez pracodawcę. Szczegółowość dokumentowania i zawarte w dokumentacji informacje powinny odpowiadać potrzebom wynikającym m.in. z prowadzonej działalności, występujących zagrożeń, zatrudnienia i struktury organizacyjnej.

Najbardziej adekwatną do przeprowadzenia obiektywnej oceny ryzyka zawodowego na stanowisku doręczyciel (listonosz) jest metoda Risc Score.

5. Zakończenie

Ocena ryzyka zawodowego listonosza jest istotnym elementem zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy, a jej wyniki i sposób przeprowadzenia mają podstawowe znaczenie dla jego skuteczności, która wyraża się poprawą stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Właściwe zorganizowanie procesu oceny ryzyka zawodowego przyczynia się do zwiększenia świadomości problemów

bezpieczeństwa i higieny pracy nie tylko kadry kierowniczej, jak i pracowników, a także ich zaangażowanie w rozwiązywanie tych problemów. Po przeprowadzonej ocenie ryzyka zawodowego listonosza, zauważa się na jak wiele trudności, zagrożeń wszelkiego rodzaju jest narażony w czasie procesu pracy. Czynniki środowiska pracy, w jakich pracuje listonosz często są niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe. Przeprowadzenie oceny ryzyka przy ścisłej współpracy listonosza, gdyż to on najlepiej wie, jakie zagrożenia występują w jego środowisku pracy, pozwala spojrzeć na pracę listonosza jako ciężką i o dość znacznym ryzyku zawodowym. Jednak na podstawie dokładnie wykonanej oceny ryzyka i zapoznaniu się z występującymi zagrożeniami na stanowisku, można wyeliminować ich źródła, a także podjąć działania w kierunku ich ograniczenia. W procesie redukcji ryzyka należy przede wszystkim dążyć do wyeliminowania zidentyfikowanych zagrożeń lub ograniczenia ich wpływu. Należy tego dokonywać przez wyeliminowanie zagrożeń w procesie projektowania lub modernizacji stanowisk pracy. Jeżeli nie jest to możliwe, należy stosować osłony lub urządzenia bezpieczeństwa bądź środki ochrony zbiorowej. Stosowanie środków ochrony indywidualnej i procedur zapewniających bezpieczną pracę jest ostatnią formą eliminowania zagrożeń.

Redukcja ryzyka jest jednym z elementów procesu oceny ryzyka stanowiącego podstawę świadomego zarządzania ryzykiem. Działania związane z redukcją ryzyka są podejmowane wówczas, gdy poziom ryzyka resztkowego jest wyższy niż poziom ryzyka akceptowalnego.

Bibliografia

1. *Czy to jest jeszcze zawód powszechnego zaufania?*, Tygodnik Pracowników Poczta Polska, 2008, nr 35, s. 18, Dyrekcja Generalna Poczty Polskiej Warszawa
2. Dokumentacja Służb BHP – Poczta Polska Centrum Infrastruktury Oddział Rejonowy w Zielonej Górze
3. Dołęgowski B. Janczała S.: *Praktyczny poradnik dla służb BHP*, ODDK Gdańsk 2005
4. Goldman K. Kawalec W. *BHP Poradnik dla pracodawców i innych osób kierujących pracownikami*, SANBONUS, Sandomierz 2007
5. *Instrukcja Technologiczna II.P.6 w zakresie paczek pocztowych oraz listów wartościowych w obrocie krajowym*, Centralny Zarząd Poczty Polskiej, Warszawa 1999
6. *Instrukcja Technologiczna II.P.17 dla służby doręczeń* – Centralny Zarząd Poczty Polskiej, Warszawa 2003
7. Krzyśków B. *Pojęcie ryzyka zawodowego w prawie międzynarodowym i polskim. (W:) Ocena ryzyka zawodowego. Podstawy metodyczne.* Red W.M. Zawieska. CIOP PIB Warszawa 2007
8. Romanowska-Słomka I, Słomka A.: *Karty oceny ryzyka zawodowego dla 100 stanowisk pracy*, Biblioteczka Atestu. Sigma NOT, Kraków 2008
9. Smoliński D., *Ocena ryzyka zawodowego z zastosowaniem komputera*, ODDK Gdańsk 2005.

10. Uzarczyk A.: *Ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach narażonych na czynniki szkodliwe, czynniki uciążliwe, zagrożenia wypadkowe z programem komputerowym*, ODDK Gdańsk 2007

Ustawy i Rozporządzenia

- R1 Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy z dnia 26.09.1997 r. (DzU Nr 129, poz. 844)

INŻYNIERIA

CZĘŚĆ II

PROCEDURA MSA W ZASTOSOWANIACH INŻYNIERSKICH

Partycja Senkowska, Marek Sałamaj

1. Wstęp

W dobie dynamicznie rozwijającego się przemysłu coraz częściej porusza się zagadnienia związane z zarządzaniem produkcją, kontrolą jakości, systemami pomiarowymi, automatyzacją i robotyzacją wielu różnych procesów między innymi produkcyjnych. Głównym zamierzeniem automatyzacji i robotyzacji w przemyśle jest takie zmechanizowanie produkcji (linii produkcyjnych), aby dane przedsiębiorstwo było w stanie wytwarzać jak najniższym kosztem znacznie więcej produkowanych wyrobów na określonym poziomie jakości ich wykonania. Wówczas w procesie mechanizacji linii produkcyjnych wykorzystywane są różnego rodzaju systemy pomiarowe o złożoności zależnej od ich konkretnego zastosowania. W zależności od złożoności linii produkcyjnych, które są nadzorowane i kontrolowane przez wspomniane systemy pomiarowe, wyróżnić można zarówno te proste jak i dużo bardziej złożone i wyspecjalizowane w konkretnych działaniach. Tego typu rozwiązania wdrażane i wykorzystywane są w różnego rodzaju mechanizmach, które w głównej mierze wspierają kontrolę jakości. Efektem wprowadzenia automatyzacji i robotyzacji na liniach produkcyjnych była potrzeba wspierania i rozwijania zagadnień związanych z kontrolą jakości produkowanych wyrobów, a tym samym rozwijania wspierających je systemów pomiarowych. Natomiast, samo zarządzanie produkcją obejmuje różnego rodzaju mechanizmy i rozwiązania, które sprawiają, że dane przedsiębiorstwo produkuje swoje wyroby szybciej oraz efektywniej i z całą pewnością taniej przy możliwie jak najniższym ryzyku wystąpienia jakichkolwiek strat. W związku z tym, aby możliwy był do osiągnięcia taki stan funkcjonowania przedsiębiorstwa konieczne jest wspieranie procesu zarządzania jego produkcją na każdym etapie poprzez rozwijanie i wdrażanie w nim coraz nowszych rozwiązań z zakresu zarządzania produkcją, kontroli jakości, systemów pomiarowych, automatyzacji oraz robotyzacji.

W głównej mierze to systemy pomiarowe decydują o jakości i ilości gromadzonych informacji o nadzorowanych procesach produkcyjnych. To od ich dokładności i poprawności funkcjonowania oraz od późniejszej analizy tak zgromadzonych informacji uzależnione są efekty końcowej kontroli jakości czy też wielkość zwrotów i reklamacji od klientów produkowanych wyrobów. W związku z tym, w niniejszym artykule główną uwagę skupiono na analizie systemów pomiarowych na procedurze MSA, której poddawane wszystkie rozwiązania pomiarowe stosowane w przemyśle ale i nie tylko.

2. Wprowadzenie

Kierunek rozwoju gospodarczego na przełomie ostatnich lat doprowadził do sytuacji, w której jakość wyrobów i usług stała się nadrzędnym wymogiem, który przyczynia się do powodzenia danego przedsiębiorstwa. System zarządzania jakością definiuje ISO 9001:2000 jako normę poświęconą gromadzeniu danych o wytwarzanych produktach i na jej podstawie analizuje się zachowanie tworzonych procesów oraz nadzoruje się właściwości wyrobu. Wspomniana norma nadmienia cztery podstawowe rodzaje pomiarów, które muszą być zrealizowane w danym przedsiębiorstwie:

- pomiar oczekiwań klientów,
- pomiar efektywności i zgodności systemu zarządzania,
- pomiar właściwości produktu,
- pomiar zdolności procesów.

Przedsiębiorstwo ma obowiązek wyznaczyć kryteria i metody potrzebne do oceny przebiegu procesów, aby określić czy przepływają one prawidłowo. Niestety same gromadzenie i analizowanie danych przez różnego rodzaju systemy pomiarowe nie wystarczy, aby mieć pewność, że są one wiarygodne. Całość przebiegających procesów powinna być nadzorowana, mierzona oraz oddana analizie celem wdrażania ewentualnych udoskonaleń. Unowocześnienia te można otrzymać poprzez wykorzystanie odpowiednich metod i technologii zarządzania jakością, które wpływają na otrzymanie zaplanowanych celów poprzez kontrolowanie, pomiar, analizę oraz usprawnienie procesu. Trzeba zaznaczyć, że na jakość produktów i usług ma bezpośredni wpływ wykształcenie kadry w zakresie podwyższenia wyniku pracy w przedsiębiorstwie. Stałe udoskonalenie jakości może być uzyskiwane poprzez sterowanie wysiłków przedsiębiorstwa w zakresie planowania oraz przeciwdziałaniu kłopotów powstałych u źródła. Ta postawa zarządzania jakością określana jest jako zapewnienie jakości. Koncentruje się ona na planowaniu jakością, korekcie w projekcie produktu, procesie lub usługi, poprawie monitoringu nad procesem oraz szkoleniu i motywowaniu personelu. Poprawa jakości jest związana ze znajomością potrzeb konsumenta.

Zapewnienie spełnienia oczekiwań klienta odnośnie stopnia zapewnienia jakości produktu wymaga stosowania metod, które pozwalają na sprawdzenie wiarygodności systemów kontroli jakości. Wykorzystanie tego typu metod pozwala nie tylko na sprawdzenie wiarygodności systemu kontroli jakości, ale daje możliwość wykrycia miejsca powstawania nieprawidłowości, a także pozwala na udoskonalanie dowolnego procesu produkcyjnego oraz stanowisk kontroli jakości.

3. Procedury MSA

Analiza Systemów Pomiarowych (ang. Measurement System Analysis) bardzo często określana jest skrótem jako procedura MSA. Głównym założeniem tej procedury jest badanie wiarygodności i poprawności funkcjonowania określonego systemu pomiarowego. W tym przypadku, wspomniany system pomiarowy już

z założenia powinien przy co najmniej kilkunastu pomiarach dawać identyczne, a nawet niemal identyczne wyniki pomiarów. Błędy dowolnego systemu pomiarowego można opisać sześcioma kategoriami:

- liniowość (ang. linearity) – zmienność dokładności pomiaru określana w odniesieniu do wielkości pomiaru
- stabilność (ang. stability) – całkowita zmienność, otrzymywana podczas dokonywania pomiarów danej wielkości przez dłuższy czas
- dokładność (ang. bias) – różnica między obserwowanym średnim pomiarem a wzorcem
- powtarzalność (ang. repeatability) – zmienność wyników pomiarów uzyskanych przy mierzeniu przez jednego operatora wielokrotnie tej samej części w tych samych warunkach pomiarowych
- odtwarzalność (ang. reproducibility) – zmienność występująca między wartościami średnimi z pomiarów dokonywanych przez różnych operatorów, podczas mierzenia tej samej części tym samym przyrządem
- rozdzielczość – liczba jednostek miary, czy też tzw. liczba rozróżnialnych klas kategorii (ndc), sugerowana wartość ≥ 5 jednostek.

Poprawność przeprowadzania analizy systemów pomiarowych (MSA) jest kluczową sprawą dla potwierdzenia wiarygodności funkcjonowania dowolnego systemu pomiarowego. Jednak w tym przypadku może, a zarazem występuje wiele czynników, które znacząco wpływają na zmienność działania takiego systemu pomiarowego. Do czynników tych zaliczamy:

- operator - np.: przeszkolenie,
- wyrób - np.: czystość,
- metoda - np.: różnice między metodami,
- przyrząd pomiarowy - np.: zużycie,
- otoczenie - np.: temperatura.

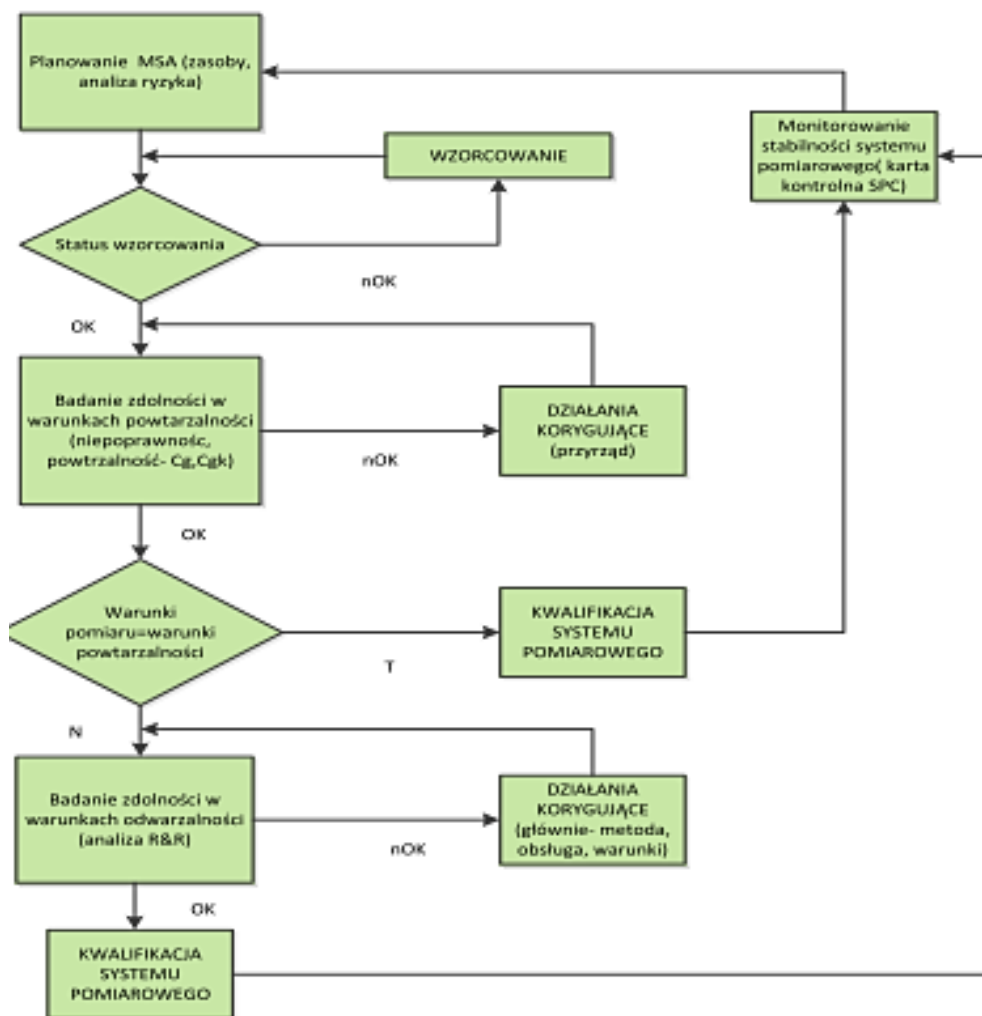
Oczywiście w procedurze MSA czynnikom tym należy jak najbardziej zapobiegać poprzez wprowadzanie i stosowanie różnego rodzaju rozwiązań oraz mechanizmów zapobiegawczych. Sama procedura MSA jest elementem metodyki six sigma i jest częścią normy VDA 6.1 oraz systemu do zaawansowanego planowania jakości produktu APQP (ang. Advance Product Quality Planning), których korzenie sięgają lotnictwa i motoryzacji.

Podręczniki MSA zostały opracowane przez organizację AIAG (ang. Automotive Industry Action Group), która jest organizacją typu non-profit. Organizacja ta została założona w 1982 roku i zrzesza głównie firmy motoryzacyjne. Pierwsze wydanie MSA przypada na październik 1990 roku, wydanie drugie MSA na luty 1995 roku, zaś edycja trzecia MSA, ta najnowsza na marzec 2002 roku.

3.1. Procedura MSA dla cech mierzalnych

Jedną z metod, które świetnie wprowadza w ideologię zapewnienia i udoskonalania jakości jest analiza MSA sprawdzająca wiarygodność i prawidłowość systemu pomiarowego. Tego typu system powinien, przy co najmniej kilkunastu kolejnych pomiarach przekazywać jednakowe bądź zbliżone wyniki.

Analiza systemów pomiarowych przedstawia proces, który wymaga implementacji, utrzymania oraz unowocześniania. Dostatecznym dla efektywnego zarządzania MSA przyjmuje się postawę wg cyklu PDCA (ang. Plan-Do-Check-Act) Williama Edwardsa Deminga [1]. Pierwszym etapem jest rozplanowanie projektu wdrożeniowego, potem jego spełnienie, kontrola oraz naniesienie zabiegów korygujących. W wyniku wdrożenia należy sporządzić i uruchomić odpowiednią procedurę definiującą zabiegi i odpowiedzialności w sferze planowania, wykonywania oraz udoskonalania wprowadzonego procesu MSA. Największą trudność sprawia odpowiednie zaprojektowanie analiz systemów pomiarowych, a jest to obowiązkowe, żeby pokłady wyznaczone na ich realizowanie były produktywnie wykorzystane.



Rysunek 1. Algorytm realizacji podstawowej analizy MSA [2]

Projektowanie powinno wspomagać się obserwacją ryzyka powiązanego z monitorowaniem procesu produkcyjnego i nadzorem wyrobu, dla których wykorzystywane mają być analizowane systemy pomiarowe. Głównym fundamentem odpowiedniego planowania MSA dla konkretnego procesu produkcyjnego jest należyście realizowana analiza FMEA tego procesu.

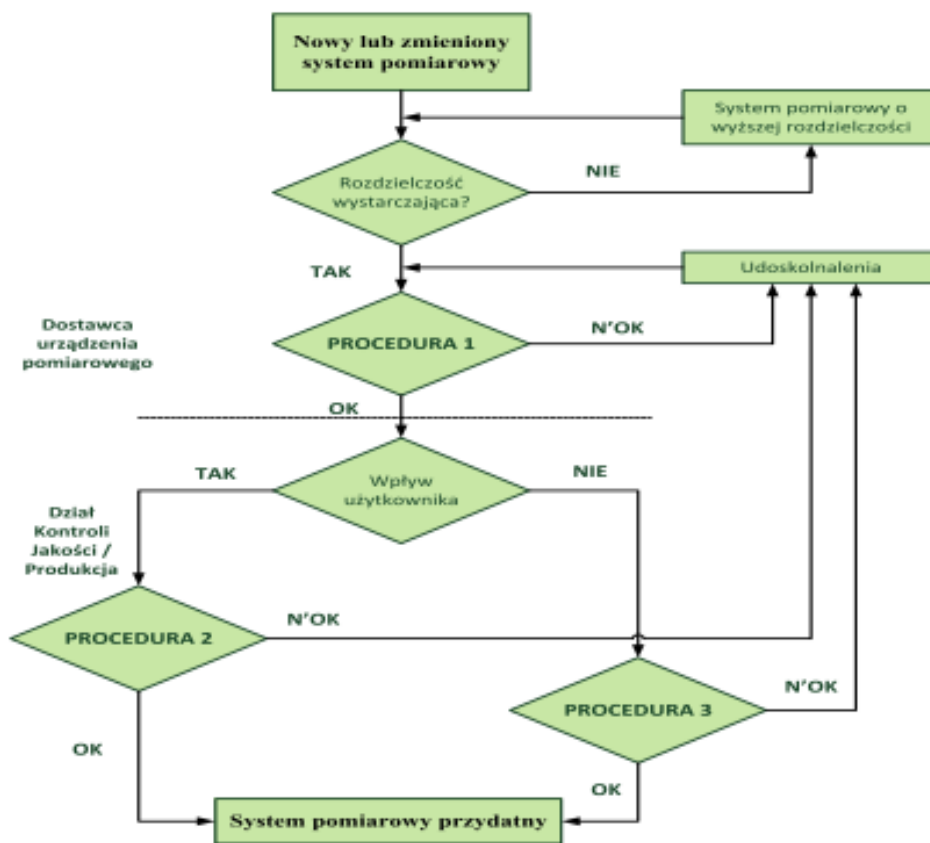
Następną niewątpliwą przeszkodą stanowiącą istotny sprawdzian dla osób, które są odpowiedzialne za zarządzanie MSA jest nieodpowiednia ilość zasobów do wykonywania analiz, co wiąże się z koniecznością efektywnego rozplanowania zwłaszcza w warunkach dużej różnokierunkowości wyrobów i wymogów klientów oraz dużej liczby wykorzystanych systemów pomiarowych.

Proponowany schemat wypełnienia bazowej analizy sprawności systemu pomiarowego, dotyczący wspomnianych powyżej metod zaprezentowano na rysunku 1. Schemat ten może być pomocny przy sporządzaniu początkowego projektu procedury obejmującej zarządzanie MSA w danej organizacji.

Analiza zgodności systemów pomiarowych przeprowadzana jest na podstawie trzech procedur:

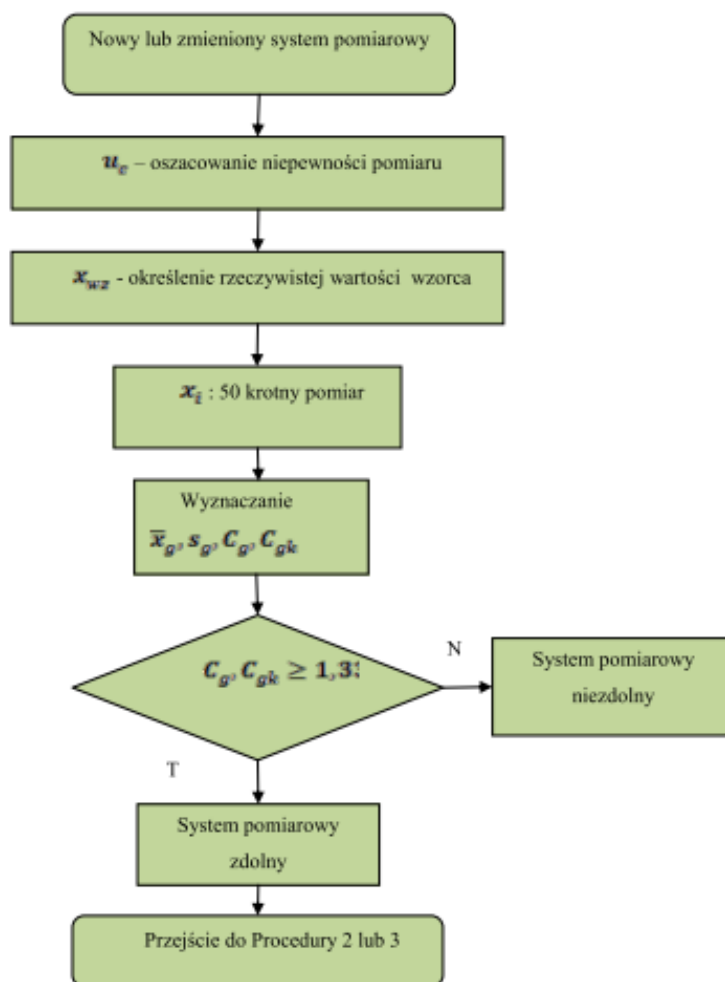
- „Procedura 1” - Niepewność pomiarów u_c oraz wskaźniki zdolności c_g, c_{gk} ,
- „Procedura 2” - Powtarzalność, odtwarzalność i rozrzut całkowity (metoda R&R) z uwzględnieniem wpływu użytkownika,
- „Procedura 3” - Powtarzalność i rozrzut całkowity bez uwzględnienia wpływu użytkownika.

„Procedura 1” wykorzystywana jest w przedsiębiorstwach wytwarzających narzędzia, urządzenia lub systemy pomiarowe celem okazywania ich użyteczności dla domniemanego klienta. Wykorzystuje się ją również do monitorowania stabilności i liniowości systemu podczas procesów produkcyjnych konsumenta. Natomiast, procedury 2 i 3 stosuje się podczas analizy systemu pomiarowego zamontowanego u klienta prosto w procesach produkcji albo w sekcjach kontroli jakości. Kontrola stabilności powinna być wykonywana po każdej korekcie w systemie pomiarowym, jak to przedstawiono na rysunku 2 [3].



Rysunek 2. Schemat oceny przydatności systemu pomiarowego MSA [3]

„Procedura 1” (rysunek 2 i 3) głównie wykorzystywana jest przez firmy produkujące nowe urządzenia, systemy pomiarowe lub w miejscu, w którym będą one (te urządzenia lub systemy) użytkowane u klienta, jako dowód zgodności z danymi dostawcy. Procedura ta ma za zadanie sprecyzować zdolność systemu przed zastosowaniem go podczas produkcji oraz wymaga weryfikacji rzeczywistych warunków pomiaru, na które wpływa otoczenie, rozrzut elementów systemu czy liczba operatorów pracujących na danym stanowisku.



Rysunek 3. Schemat blokowy „Procedury 1” [3]

Wykonanie „Procedury 1” bazuje na określeniu niepewności pomiarowej u_c oraz realizacji serii przynajmniej 50 pomiarów znajdujących się na wzorcu, którego wymiar x_{wz} jest z reguły zlokalizowany na środku przedziału tolerancji obserwowanej cechy. Na podstawie uzyskanych wyników pomiaru określa się wskaźniki zdolności narzędzia pomiarowego c_g , c_{gk} , które odpowiadają za wskaźniki zdolności procesu wytórczego c_p , c_{pk} i są ustosunkowywane do $0,2T=0,2(USL-LSL)$. Wskaźniki te dzielimy na:

- Wskaźnik rozrzutu

$$c_g = \frac{0,2 \times T}{6 \times s_g} = \frac{0,2 \times (USL - LSL)}{6 \times s_g}$$

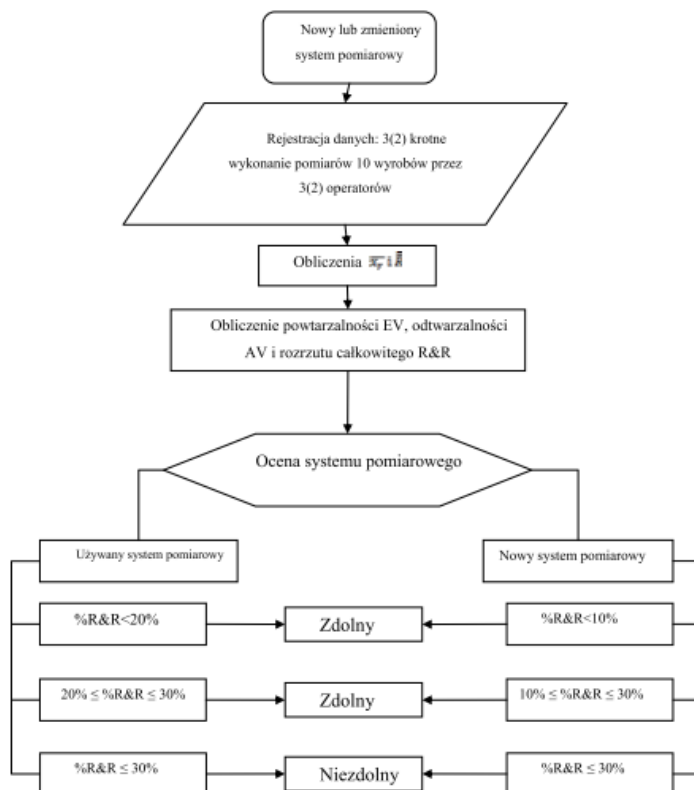
- Wskaźnik wycentrowania

$$c_{gk} = \frac{0,1 \times T - |\bar{x}_g - x_{wz}|}{3 \times s_g} = \frac{0,1 \times (USL - LSL) - |\bar{x}_g - x_{wz}|}{3 \times s_g}$$

gdzie: T - tolerancja cechy, USL (GGS) - górny wymiar graniczny, LSL (DGS) - dolny wymiar graniczny, s_g - odchylenie standardowe wyników pomiaru wzorca, \bar{x}_g - wartość średnia wyników pomiaru wzorca x_{wz} .

Następne kroki obliczeń „Procedury 1” przedstawiono poniżej:

1. u_c - analiza niepewności pomiaru
2. x_{wz} - założenie wartości wzorca odpowiadającej wartości docelowej WD
3. $\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ - średnia serii pomiarów wzorca
4. $\bar{x}_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_g)^2}$ - odchylenie standardowe serii pomiarów wzorca,
5. $c_g = \frac{0,2 \times T}{6 \times s_g} = \frac{0,2 \times (USL - LSL)}{6 \times s_g}$ - wskaźnik zdolności związany z rozrzutem
6. $c_{gk} = \frac{0,1 \times T - |\bar{x}_g - x_{wz}|}{3 \times s_g} = \frac{0,1 \times (USL - LSL) - |\bar{x}_g - x_{wz}|}{3 \times s_g}$ - wskaźnik zdolności związanej z wycentrowaniem.



Rysunek 4. Schemat blokowy "Procedury 2" [3]

„Procedura 2” (rysunek 4) odnosi się do oceny systemu pomiarowego na podstawie analizy odtwarzalności, powtarzalności oraz metody R&R (rozrzutu całkowitego), biorąc pod uwagę oddziaływanie użytkownika na przykład, wtedy kiedy pomiary realizowane są poprzez różnych operatorów. Wykonywana jest ona bezpośrednio po „Procedurze 1”, która udowadnia, że zdolność systemu pomiarowego posiada konieczną niepewność pomiarów u_c oraz stosowne wartości wskaźników zdolności związanych z rozrzutem c_g oraz wycentrowaniem c_{gk} . Wspomniana procedura („Procedura 2”) wykorzystywana jest do uwzględnienia kolejnych czynników wpływających na rozrzut systemu, który może być nowy, używany, zmieniony lub zużyty do nowych celów. System ten zainstalowany jest w dziale kontroli pomiarów lub bezpośrednio w dziale wytwórczym. Miarę wykonuje się na ogół dziesięciu wyrobach seryjnych, które muszą być tak dostosowane, żeby nakrywały w miarę możliwości równomiernie cały obszar rozrzutu procesu. Pomiary na stanowisku produkcyjnym przeprowadzane są niezależnie, zazwyczaj przez trzech różnych i niezależnych od siebie operatorów. Każdy operator powinien ponawiać pomiary dwu lub trzykrotnie, a uzyskane w ten sposób wyniki są umieszczane w tabeli zbiorczej. Opierając się na zawartości wspomnianej tabeli wyznacza się wskaźnik „rozrzutu całkowitego R&R” (tabela 1), który ułatwia operatorowi zdecydować czy dany system pomiarowy nada się do zastosowania czy potrzebne jest jego udoskonalenie lub środki naprawcze.

Tabela 1. Zdolność systemu pomiarowego w zależności od wartości parametru R&R

Ocena zdolności systemu	Rozrzut całkowity systemu pomiarowego	
	Używany system pomiarowy	Nowy system pomiarowy
Zdolny	%R&R < 20%	%R&R < 10%
Zdolny warunkowo	20%R&R	%R&R

„Procedura 3” jest uproszczeniem „Procedury 2” i odnosi się do pomiarów przeprowadzanych bez udziału użytkownika. Tego typu pomiary są zautomatyzowane i realizowane w dwóch seriach pomiarów dwudziestu pięciu wyrobów, które są otrzymane z produkcji i gdzie oblicza się wyłącznie powtarzalność.

Poszczególne kroki obliczeń w „Procedurze 2” przedstawiono poniżej:

1. $\bar{R}_A = \frac{\sum_1^{10} R_{Ai}}{10}$; $\bar{R}_B = \frac{\sum_1^{10} R_{Bi}}{10}$; $\bar{R}_C = \frac{\sum_1^{10} R_{Ci}}{10}$ - średnie rozstępów wyników pomiarów trzech operatorów A, B, C,
2. $\bar{\bar{R}} = \frac{\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C}{3}$ - średnia średnich rozstępów,
3. $\bar{X}_A = \frac{\sum_1^{30} x_{Ai}}{30}$; $\bar{X}_B = \frac{\sum_1^{30} x_{Bi}}{30}$; $\bar{X}_C = \frac{\sum_1^{30} x_{Ci}}{30}$ - średnie wyników pomiarów trzech operatorów A, B, C,
4. $\bar{x}_r = x_{max} - x_{min}$ - różnica największej i najmniejszej wartości średniej,

5. $EV = k_2 R$ – EV (ang. Equipment Variation) – powtarzalność,
 $k_1 = 4,56$ - dla 2 serii pomiarów;
 $k_1 = 3,05$ - dla 3 serii pomiarów, na poziomie ufności 99%,
6. $AV = k_2 \times \bar{x}_r$ - AV (ang. Appraiser Variation) – odtwarzalność,
 $k_1 = 3,65$ - dla 2 operatorów;
 $k_1 = 2,70$ - dla 3 operatorów na poziomie ufności 99%,
7. $R\&R = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ – powtarzalność i odtwarzalność,
8. $\%EV = 100 \left[\frac{EV^2}{R\%R \times T} \right]$ – powtarzalność procentowa w odniesieniu do tolerancji,
9. $\%AV = 100 \left[\frac{AV^2}{R\&R \times T} \right]$ – odtwarzalność procentowa w odniesieniu do tolerancji,
10. $\%R\&R = \%EV + \%AV$ – procentowy wskaźnik powtarzalności i odtwarzalności.

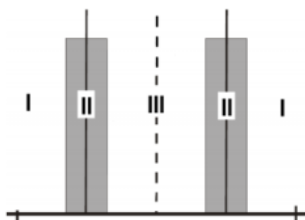
3.2. Procedura MSA dla cech atrybutywnych

Procedura MSA dla cech atrybutywnych jest wykorzystywana przy pomiarach, gdzie wynik osiągnięty powstaje ze skończonej liczby wariantów. Ze względu na rodzaj ten typ MSA dzielimy na [4]:

- Charakterystykę mierzalną, po wykonaniu pomiaru testem, wyroby są szczegółowo mierzone i na podstawie tego określa się dokładność kontroli,
- Charakterystykę niemierzalną, dokładność oceny kontroli dotyczy szczególnie przyrządzonych próbek wzorcowych o określonej jakości.

Elementy analizy systemów pomiarowych dla cech atrybutywnych:

- ocena sprawności ogólnej,
- efektywność odrębnych mierzących,
- ocena „missów” (małowartościowych wyrobów zaklasyfikowanych jako pełnowartościowe), „falsów” (pełnowartościowych wyrobów zaklasyfikowanych jako małowartościowe), „mixów” (w zależności od osoby dokonującej oceny wyrobu raz zaklasyfikowano go jako zły, a raz jako dobry).



Rysunek 5. Obszary związane z systemami pomiarowymi [4]

W literaturze można napotkać kilka sposobów oceny systemów pomiarowych dla cech atrybutywnych, podzielone są one na metodę analityczną (ang. Analytic Method), metodę detekcji sygnałów (ang. Signal Detection Method) oraz na Test Cohen'a (ang. Cross Tab Method), określający stopień zgodności ocen kontrolerów. Pierwsza z metod wymaga profesjonalnego przyrządzenia próbki przekazanej do badań. Aby określić liczbowe wskaźniki na bazie, których wykonuje się oceny systemu pomiarowego składającego się przeważnie z operatorów i urządzeń pomiarowych, wykonuje się początkową selekcję przekazanych do analizy elementów. Metoda gromadzenia próbek odróżnia się od metody wykorzystywanego dla liczbowych danych. Próbki nie są uzyskiwane metodą losową, lecz są one szczególnie wyselekcjonowane. Wskazane jest, żeby w próbce pojawiło się (rysunek 5):

- Mniej więcej 1/3 elementów, które wyraźnie nie zdaje egzaminu – obszar I
- Mniej więcej 1/3 elementów, które wyraźnie zdaje egzamin – obszar III
- Mniej więcej 1/3 elementów, które zostają określone w różny sposób, w takim przypadku odpowiednio wyszkolony personel musi ocenić zgodność/niezgodność ze wzorcem o znanej wartości- obszar II

Każdą próbkę powinno się ponumerować i metodą losową dać każdemu operatorowi biorącemu udział w badaniu do przetestowania. Wyniki przeprowadzanego badania dają możliwość określenia wielkości obszaru II, który decyduje o możliwości nieodpowiedniej interpretacji przeprowadzonego testu. Liczebność próbki uzależniona jest od liczby narzędzi wykorzystywanych podczas badania oraz liczby operatorów, biorących udział w teście. Niestety nie występują określone metody, które umożliwiają określenie optymalnej liczby analizowanych prób oraz serii powtórzeń, biorąc pod uwagę koszty wykonania testu oraz autentyczność osiągniętych wyników. Przyjęło się, że jeśli chce się osiągnąć autentyczne wyniki testu powinno się wykonywać analizę na około 30 do 40 próbek oraz ponawiać pomiary od dwóch do trzech razy. Wybór liczebności prób jak i liczby ponowień uzależnione są od charakteru procesu, omówionych warunków umowy pomiędzy odbiorcą, a osobą dostarczającą elementy oraz od metodyki wykonywania pomiaru. Jeśli do analizy wyrobów nie wykorzystuje się metod, które wymagają korzystania z narzędzi pomiarowych, na przykład przy ocenie wzrokowej to wskazane jest wykonywanie badania z co najmniej 4-krotnym powtórzeniem. Przy analizie wykonywanej przez dwóch operatorów najniższa liczebność próbki powinna zawierać około 18 sztuk. Pożądana liczebność próbek oraz liczbę wykonywanych pomiarów przedstawiono w tabeli 2. Zgromadzone dane powinny się rozpatrywać jako wskazówkę przy doborze minimalnej liczby próbek, a nie jako zalecenia.

Tabela 2. Zalecane liczności próbek i liczby pomiarów [4]

Liczba operatorów	Liczba przyrządów	Minimalna liczba części	Minimalna liczba pomiarów dla części badanej
1	0	24	5
1	1		
2	0	18	4
2 lub więcej	1		
2	2 lub więcej	12	3
3 lub więcej	0		
2 lub więcej	2 lub więcej		

Cyfra zero dla narzędzi w tabeli 2 określa, że wykonywany test sporządzony jest bez wykorzystania przyrządu na przykład przy ocenie wzrokowej. Do wykonania właściwych obliczeń można skorzystać z wyspecjalizowanego oprogramowania (np. Statistica) lub stworzyć odpowiedni arkusz korzystając z odpowiednich funkcji programu Excel. Poniżej pokazano zastosowanie pakietu do badania systemu pomiarowego przy użyciu testu Cohen'a. Wzorcowe badanie wykonało dwóch operatorów testując pięćdziesiąt elementów z zastosowaniem jednego narzędzia pomiarowego. W początkowej fazie badań każdemu z elementów nadano numer (od zera do pięćdziesięciu) oraz zdecydowano czy wybrany element spełnia (1) czy nie spełnia (2) wymagań testu. Wyniki przedstawiono w kolumnie „Wzorzec”. Następnie pierwszy wykonujący badanie #1 metodą losową uzyskiwał próbki do miary przeprowadzając analizę wszystkich pięćdziesięciu próbek, zaś kolejny operator #2 wykonywał pomiar w takiej samej kolejności co pierwszy. Dalszy proces procedury bazował na zamianie szyku metodą losową analizowanych elementów oraz ponowieniu pomiarów przez obu wykonujących badanie. Wyniki każdego z nich posegregowano i wprowadzono do sporządzonego przedtem arkusza – rysunek 6.

W arkuszu są rozmieszczone specjalne kolumny, które powiadają o jedności decyzji pomiędzy sobą każdego z operatorów (O-O), operatora ze wzorcem (O-W), jedności decyzji wykonujących badanie pomiędzy sobą oraz wykonujących badanie ze wzorcem. W sytuacji kiedy pojawia się rozbieżność określana jest wtedy liczba i typ rozbieżności na przykład jeśli wzorzec został przyporządkowany jako właściwy(1), a operator przyporządkował go jako niewłaściwy (0) to spotykamy się z „niezgodnością właściwą” (N-P), natomiast jeśli wzorzec został przyporządkowany jako niewłaściwy(0), a operator przyporządkował go jako właściwy (1) to kwalifikujemy go jako sytuację N-N, która przynosi ze sobą znaczący skutek. Bazując na uzyskanych wynikach wyliczono wskaźniki liczbowe takie jak:

- efektywność (E) – odnosząc się zarówno do próbki jak i do operatorów, oznacza sprawność systemu przyporządkowania wzorców. Obliczana jest jako zależność liczby odpowiednio przyporządkowanych próbek do liczby prób i jest wyznaczana często w procentach.

$E = \text{liczba odpowiednio przyporządkowanych próbek} / \text{liczba prób}$

Analiza CRR (dla atrybutów)																																			
Dane - raport																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Element</th> <th>Wid</th> <th>Wsk</th> </tr> <tr> <td>dobry</td> <td>1</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>zły</td> <td>0</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Razem</td> <td>50</td> </tr> </table>			Element	Wid	Wsk	dobry	1	29	zły	0	21	Razem		50	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>DATA</td> <td>25-03-2019</td> </tr> <tr> <td>NUMEROK</td> <td>Kontrolna A</td> </tr> <tr> <td>PRODUKT</td> <td>PKR 2563/55</td> </tr> <tr> <td>FIRMA</td> <td>PK SA</td> </tr> </table>			DATA	25-03-2019	NUMEROK	Kontrolna A	PRODUKT	PKR 2563/55	FIRMA	PK SA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Liczba operacji pomylki w trybie</td> <td style="text-align: center;">Liczba operacji na sukcesie</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T/N</td> <td style="text-align: center;">T/S</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td style="text-align: center;">T</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">N</td> <td style="text-align: center;">N</td> </tr> </table>		Liczba operacji pomylki w trybie	Liczba operacji na sukcesie	T/N	T/S	T	T	N	N
Element	Wid	Wsk																																	
dobry	1	29																																	
zły	0	21																																	
Razem		50																																	
DATA	25-03-2019																																		
NUMEROK	Kontrolna A																																		
PRODUKT	PKR 2563/55																																		
FIRMA	PK SA																																		
Liczba operacji pomylki w trybie	Liczba operacji na sukcesie																																		
T/N	T/S																																		
T	T																																		
N	N																																		
Informacje o atrybutach																																			
NR #	WZORCZEC	Operacja #1		O-D		O-W		N-P		N-N		Operacja #2		O-D		O-W		N-P		N-N		T/N	T/S												
		Pom #1	Pom #2	T/N	T/S	T/N	T/S	N/P	N/N	T/N	T/S	N/P	N/N	T/N	T/S	N/P	N/N	T/N	T/S																
1	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
2	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
3	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
4	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
5	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
6	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
7	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
8	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
9	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
10	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
11	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
12	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
13	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
14	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
15	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
16	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
17	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
18	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
19	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												
20	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
21	I	I	I	T	T	O	O					I	O	N	N	O	O	1	0	0	0	N	N												
22	O	O	O	T	T	O	O					O	I	N	N	O	O	1	0	0	0	N	N												
23	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
24	I	I	I	T	T	O	O					I	I	T	T	O	O					T	T												
25	O	O	O	T	T	O	O					O	O	T	T	O	O					T	T												

Rysunek 6. Przykładowe wyniki pomiarów [4]

- ewentualność wystąpienia fałszywego alarmu (P_{fa}), który określa przyporządkowanie właściwego wzorca jako niewłaściwy
 $P_{fa} = \text{Liczba fałszywych alarmów} / \text{liczbę właściwych próbek} * \text{ilość pomiarów}$
- ewentualność wystąpienia pomyłki (P_{miss}), które wskazuje przyporządkowanie niewłaściwego wzorca jako właściwy.
 $P_{miss} = \text{Liczba pomyłek} / \text{liczba sposobności do popełnienia pomyłki}$

W literaturze występują również inne wskaźniki, które pomagają ocenić system pomiarowy i należą do nich:

- powtarzalność - określana jest jako zależność liczby odpowiednich decyzji wykonującego badanie przy analizie próbki do liczby przeanalizowanych próbek,
- odtwarzalność - określana jest jako zależność ilość właściwych decyzji pomiędzy wykonującymi badanie do liczby przeanalizowanych próbek,
- zgodność ze standardem - określa liczbę właściwych decyzji ze wzorcem do liczby przeanalizowanych próbek.

Na rysunku 7 pokazano modelowy raport z wykonywanych badań.

System pomiarowy szacuje się według wartości wskaźników wyszczególnionych w raporcie do których zaliczamy ewentualność fałszywego alarmu, ewentualność wystąpienia pomyłki oraz współczynnik efektywności systemu pomiarowego.

Jednym z atrakcyjniejszych parametrów określanych w badaniu jest bias (B). Szacuje on jedną ze skłonności do przyporządkowania przez operatora próbki jako „niewłaściwa”, gdy w rzeczywistości jest ona właściwa lub gdy próbka jest odpowiednia, a przyporządkowana jest na nieodpowiednią. Obliczany jest jako zależność prawdopodobieństw P_{fa} oraz P_{miss} i w zależności od otrzymanych wartości stykamy się z podanymi niżej przypadkami:

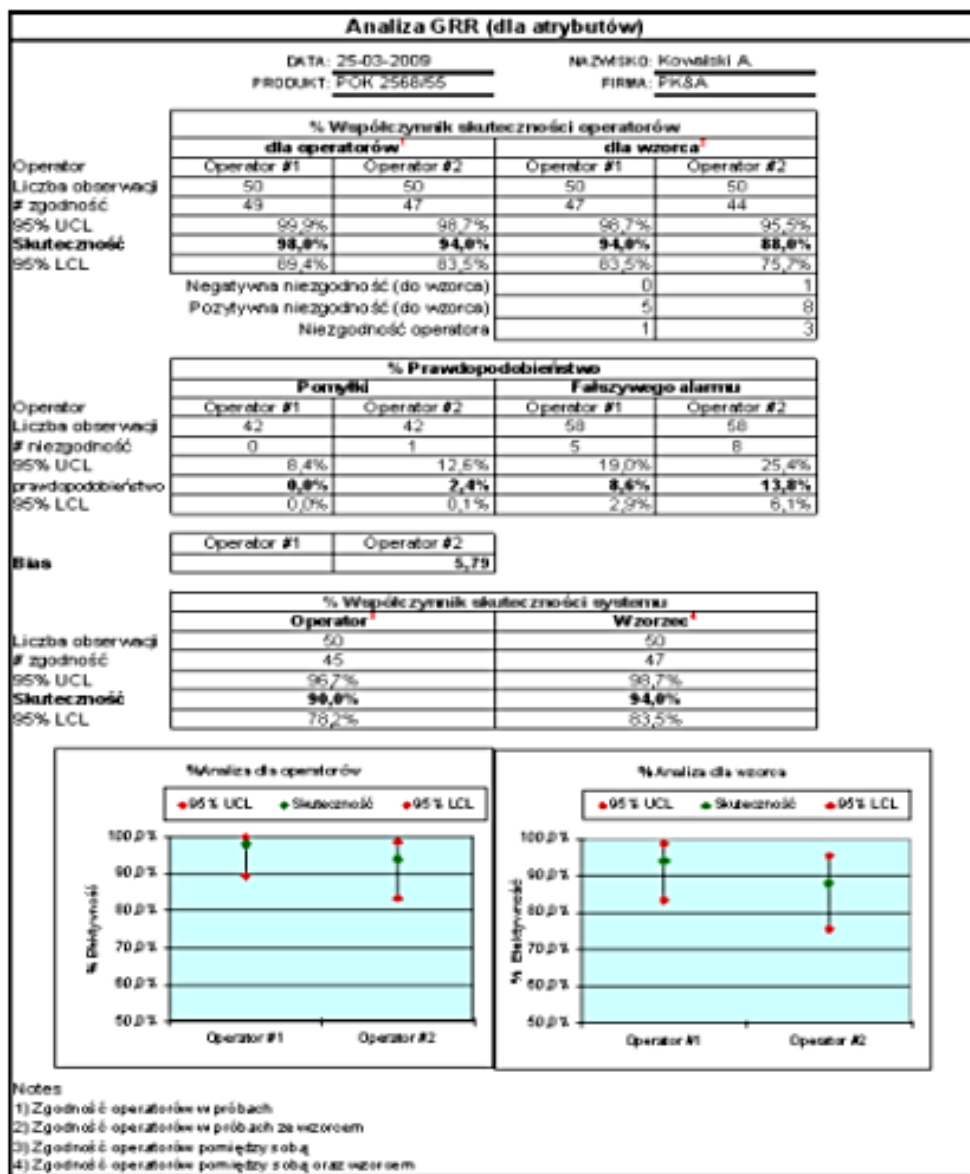
- $B < 1$ skłonność systemu pomiarowego do zatwierdzania próbek,
- $B = 1$ występuje brak biasy,
- $B > 1$ skłonność systemu pomiarowego do dyskwalifikowania próbek,

Sugerowane warunki oceny systemu pomiarowego przedstawiono w tabeli 3.

Analiza systemu pomiarowego za pomocą testu Cohen'a polega na porównaniu jednakowości pracy wykonujących badanie, przekazywanych przez nich decyzji oraz wyliczeniu współczynnika $Kappa$. Współczynnik ten może obejmować wartości od 0 do 1. Przy przeprowadzaniu badania jednakowości pomiędzy decyzjami sędziów można określić, że współczynnik powyżej 0,7 wyznacza odpowiednią zgodność podejmowanych przez nich decyzji. Współczynnik $Kappa$ nie określa w jakim pewnym zakresie pojawia się zgodność, jego wartość określa tylko pojawianie się lub nie jednakowości decyzji sędziów. Aby określić wartość współczynnika $Kappa$ dla sędziów trzeba przyglądać się wynikom otrzymanych przez sędziów podczas przeprowadzania badania. Najpierw należy wykalkulować liczbę jednakowych decyzji określonych przez operatorów oraz liczbę decyzji niejednakowych występującymi pomiędzy operatorami. Przykładowo w badaniu zastosowano 50 sztuk próbek. Na podstawie wyników pokazanych w poniższej tabeli 4 można zauważyć, że wykonujący badanie w 45 sytuacjach wydali odpowiednią decyzję o odrzuceniu analizowanego elementu (0), a w 49 sytuacjach jednomyślnie podjęli decyzje o akceptacji, w dwóch sytuacjach sędzia A przyjął decyzje o oddaleniu próbki w czasie, gdy sędzia B zadecydował przyporządkować próbę do wytworzonych odpowiednio, a w 4 sytuacjach sędzia A podjął decyzję, że analizowaną próbkę trzeba zaakceptować, w czasie gdy sędzia B podjął decyzję, że trzeba ją odrzucić. Razem uzyskano $N=100$ sytuacji, co wiąże się z dwukrotnym wykonaniem pomiaru na 50 częściach.

Tabela 3. Kryteria oceny systemu pomiarowego [4]

Parametr	Akceptowalny	Marginalnie akceptowalny	Nie akceptowalny
Skuteczność	>90%	80% do 90%	<80%
Prawdopodobieństwo fałszywego alarmu	<5%	5% do 10%	>10%
Prawdopodobieństwo pomyłki	<2%	2% do 5%	>5%
Powtarzalność	>90%	80% do 90%	<80%
Odtwarzalność	>90%	80% do 90%	<80%
Zgodność ze wzorcem	>90%	80% do 90%	<80%



Rysunek 7. Modelowy raport z wykonywanych badań [4]

Tabela 4. Analiza zgodności decyzji operatorów [4]

		B		Suma
A	Decyzje	0	1	
	0	45	2	47
	1	4	49	53
	Suma	49	51	100

W następnym kroku trzeba określić całość rozwiązań zgodnych pomiędzy operatorami. W tym przypadku mieszczą się w przekątnej powyższej tabeli, gdzie:

$\sum A$ - całość liczby wyników zgodnych pomiędzy operatorami (45+49=94)

W dalszym ciągu należy określić prognozowaną częstość pojawiania się konkretnej kategorii ze wzoru:

$EC = \frac{SUMA\ WIERSZA \times SUMA\ KOLUMNY}{SUMA}$ co daje w tym przypadku dla drugiego wiersza i drugiej kolumny:

$$EC_{2-2} = \frac{51 \times 53}{100} = 27,03$$

Podobnie trzeba określić właściwą wartość dla pierwszego wiersza i pierwszej kolumny EC_{1-1} .

Wartość współczynnika *Kappa* trzeba ustalić z poniższego wzoru:

$$kappa = \frac{\sum A - \sum EC}{N - \sum EC}$$

Po podstawieniu wartości z tabeli 4 uzyskamy

$$kappa = \frac{(45+49) - (23,03+27,03)}{100 - (23,03+27,03)} = 0,88$$

Wynik również można otrzymać w łatwy sposób korzystając z arkusza kalkulacyjnego programu Microsoft Excel.

Tabela 5. Współczynnik *Kappa* dla operatorów [4]

Kappa 0,88		Wzorzec		Razem
		0	1	
A	0	45	2	47
	Ilość oczekiwana	23,03		23
	1	4	49	53
	Ilość oczekiwana		27,03	27,0
Razem		42	58	100
	Ilość oczekiwana	42,00	58,00	100,0

Analiza prezentuje (tabela 5), że operatorzy mają właściwą zgodność uzyskanych wyników pomiarów pomiędzy sobą, wartość *Kappa* wynosi 0,88 > 0,7, można również przeprowadzić analizę systemu pod kątem jego zdolności do klasyfikacji złych i dobrych próbek. Analizę taką przeprowadzamy licząc odpowiednie współczynniki *Kappa* dla osobnych operatorów zestawiając otrzymane wyniki ze wzorcem.

W tabeli 6 pokazano wzorcowe wyniki badania otrzymane dla pierwszego z operatorów. Wartość *kappa*=0,90 sygnalizuje, że ma on dobrą odpowiednią zgodność ze wzorcem.

Tabela 6. Współczynnik *Kappa* operator-wzorzec [4]

	<i>Kappa</i> 0,90	Wzorzec		Razem
		0	1	
A	0	42	5	47
	Ilość oczekiwana	19,74	27,26	47
Razem	1	0	53	53
	Ilość oczekiwana	22,26	30,74	53,0
		42	58	100
	Ilość oczekiwana	42,00	58,00	100,0

4. Podsumowanie

Nie ulega wątpliwości, że nieustanny rozwój różnych dziedzin przemysłu wymusza na przedsiębiorcach wdrażanie i stosowanie w ich przedsiębiorstwach specjalistycznych rozwiązań technicznych (między innymi systemów pomiarowych) wspierających zarządzanie produkcją i kontrolę jakości. Jednak ze względu na bardzo dużą różnorodność tych systemów na rynku oraz wchodzących w ich skład urządzeń pomiarowych wiele firm łączy się ze sobą w różnego rodzaju zrzeszenia i organizacje, a następnie opracowuje własne metody lub procedury weryfikacji poprawności ich funkcjonowania. W związku z tym na rynku powstało wiele różnego rodzaju norm, procedur oraz standardów takich jak procedura MSA, która pozwala na dokładne sprecyzowanie przydatności danego urządzenia pomiarowego w konkretnych zastosowaniach inżynierskich. Najczęściej tego typu potwierdzenia, które są gwarancją stabilnej pracy urządzenia, wydawane są w postaci różnego rodzaju homologacji i certyfikatów. Opracowanie, wprowadzenie i ustandaryzowanie procedury MSA jest jak najbardziej korzystne z punktu widzenia użytkownika końcowego (klienta) danego urządzenia (lub systemu pomiarowego), gdyż gwarantuje mu ona, określone przez producenta parametry techniczne tego urządzenia.

Bibliografia

1. https://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i5/i6/i7/i2/r5672/MR_JR_Zapew%20dokl%20pomiarowej_Inz%20%20Maszyn.pdf (dn. 03.01.2016)
2. <http://www.mp.pl/artykuly/10766> (dn. 13.01.2016)
3. Sałaciński T.: *Analiza zdolności narzędzi i systemów pomiarowych*. Inżynieria Maszyn, 2012, Tom 17, s. 74-83.
4. <http://www.afe.polsl.pl/index.php/pl/2539/computer-aided-measurement-system-analysis.pdf> (dn. 13.01.2016)

BUDOWA I STEROWANIE ROBOTA MOBILNEGO DO PRZENOSZENIA SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

Grzegorz Kucia, Paweł Pyż, Paweł Bachman

1. WSTĘP

Sporą grupę robotów, oprócz tych, które stosowane są w produkcji i na halach wykonują prace typu spawanie, malowanie lub montaż elementów, stanowią roboty mobilne wyposażone w ramię z chwytakiem. Roboty takie między innymi są używane do unieszkodliwiania materiałów niebezpiecznych takich jak substancje chemiczne lub materiały wybuchowe. Wykorzystywane są głównie przez policję, wojsko, służby graniczne, celne, ratownictwa i ochrony środowiska, oddziały obrony cywilnej oraz służby ochrony obiektów. Mogą one znaleźć zastosowanie w miejscach wymagających stałego nadzoru w celu zapewnienia bezpieczeństwa [6]. Stosuje się je podczas działań w sytuacjach kryzysowych, w akcjach ratowniczych i antyterrorystycznych wspierając służby odpowiedzialne za ratownictwo, zarządzanie kryzysowe i bezpieczeństwo publiczne. Mogą one działać autonomicznie lub tworzyć całe systemy mobilne sterowane z jednego miejsca takiego jak np. Mobilne Centrum Dowodzenia (MCD) lub Mobilne Centrum Operatorów Robotów [7].

Osobną grupę stanowią roboty pracujące w kosmosie (rys. 1). Są to autonomiczne konstrukcje przystosowane do samodzielnego wykonywania zadań jak na przykład pobranie próbki gruntu czy wykonanie zdjęcia.



Rys. 1. Robot marsjański [14]

Jak widać na rys. 2 roboty mobilne mogą różnić się ze względu na konstrukcję i wielkość. Jedne z nich składają się z gaśnicowej platformy mobilnej i zamontowanego na niej manipulatora z chwytakiem. Inne mają podwozie usadowione na kołach. Mogą one być napędzane silnikami prądu stałego, zasilanymi z akumulatorów umieszczonych wewnątrz platformy mobilnej lub przez kabel z sieci 230V. Sterowanie może odbywać się zdalnie przez operatora z użyciem komunikacji radiowej lub za pomocą kabla. W zasilanie akumulatorowe wyposażone są również stanowiska operatora i przenośne konsole sterownicze.

Wszystkie roboty, mimo że różnią się konstrukcyjnie, mają bardzo podobne zadanie tzn. zastąpić człowieka w wykonywaniu niebezpiecznych zadań związanych z rozpoznaniem i neutralizacją niebezpiecznych przedmiotów, przede wszystkim materiałów wybuchowych. Zastosowanie robota pozwala zminimalizować czas przebywania pirotechnika w strefie niebezpiecznej, a tym samym zmniejszyć ryzyko zagrożenia jego życia i zdrowia.

a)



b)



c)



d)



Rys. 2. Przykładowe konstrukcje robotów mobilnych: a, b, c) roboty mobilne wykonane w ramach systemu Proteus [7], d) robot antyterrorystyczny wykonany w PIAP [6]

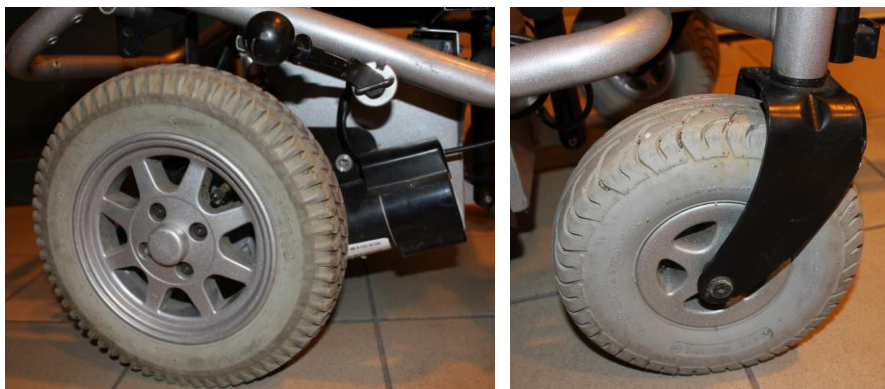
Główne zadania, jakie stawiane są przed takimi konstrukcjami to:

- poruszanie się, często w warunkach trudnych, po nierównym lub sypkim podłożu, w tym celu stosuje się różne rodzaje napędów, w zależności od potrzeb można użyć napędu gąsienicowego (podłoża sypkie, grząskie, schody), napędu kołowego (konieczność szybkiego przemieszczania się) lub kombinacji tych napędów (np. praca w terenie po zawaleniu domu),
- przekazywanie operatorowi obrazu z kamery, żeby mógł wykonywać pracę z odległości uniemożliwiającej ewentualne zranienie przy wybuchu; żeby zwiększyć dokładność obrazu często wykorzystuje się kilka kamer i monitorów, np. jedna z kamer umieszczona jest na szczycie ramienia i służy do poruszania, druga może być umieszczona na chwytaku i służyć do oglądania podnoszonego przedmiotu; operator może za jej pośrednictwem ocenić wstępnie, z jakiego rodzaju zagrożeniem ma do czynienia (bomba, materiał chemiczny), może też dokładnie przyjrzeć się jak unieszkodliwić przedmiot,
- uchwycenie przedmiotu za pomocą chwytaka i przeniesienie w bezpieczne miejsce, może to być specjalny pojemnik metalowy, w którym ładunek jest detonowany lub po prostu wyniesienie przedmiotu z miejsca zagrożonego (np. z budynku na zewnątrz),
- unieszkodliwienie przedmiotu poprzez np. obcięcie przewodów umieszczonych w bombie lub mechaniczne zniszczenie ładunku, w tym przypadku można użyć np. działka wodnego.

2. BUDOWA MECHANICZNA ROBOTA MOBILNEGO

2.1. Podstawa mobilna

Jako podstawę mobilną postanowiono wykorzystać napęd wózka inwalidzkiego firmy Meyra typ 9.906 o maksymalnej ładowności 170kg. Posiada ona 2 silniki prądu stałego zasilane napięciem 24V wraz z przekładniami, które napędzają większe koła o średnicy 35cm. Przednie koła wózka, o średnicy 26cm, są skrętne (rys. 3). Sterowanie kierunkiem ruchu odbywa się poprzez załączanie odpowiedniej sekwencji ruchów silników lewego i prawego.



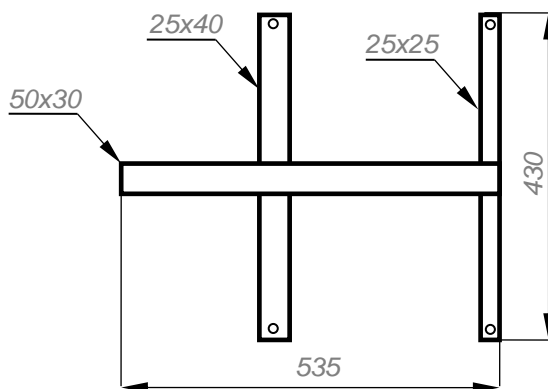
Rys. 3. Koła robota: tylne napędowe i przednie skrętne

Podstawa jezdna wózka ma długość całkowitą 80cm i oprócz tego, że stanowi ramę nośną całego robota, zapewnia też miejsce na umieszczenie akumulatora zasilającego oraz elektroniki sterującej. Umiejscowione są one w specjalnej komorze wykonanej z metalu (rys. 4), która dodatkowo zapobiega przed ewentualnym zalaniem elementów przez wodę. W konstrukcji robota zaadoptowano też umieszczony w wózku hamulec ręczny, służący do blokady kół wózka podczas transportu lub parkowania na pochyłej powierzchni.



Rys. 4. Umieszczenie akumulatora

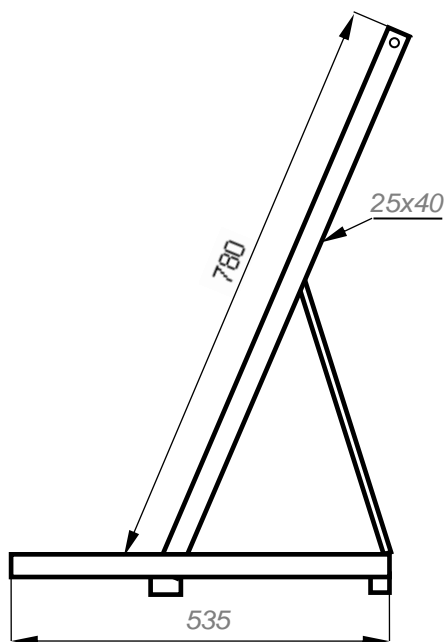
Bezpośrednio na platformie zamocowano ramę pomocniczą, której wymiary pokazane są na rys. 5. Łączy ona platformę mobilną z ramieniem robota i jest przykręcona do niej w czterech miejscach śrubami o średnicy 6mm.



Rys. 5. Wymiary ramy pomocniczej

2.2. Ramię robota

Do ramy pomocniczej przyspawana jest nieruchoma podstawa podtrzymująca elementy ruchomego ramienia robota (rys. 6). W celu zwiększenia jej wytrzymałości zastosowano dwie dodatkowe podpory wykonane z pręta o średnicy 10mm. Są one również przyspawane na stałe do konstrukcji ramy.



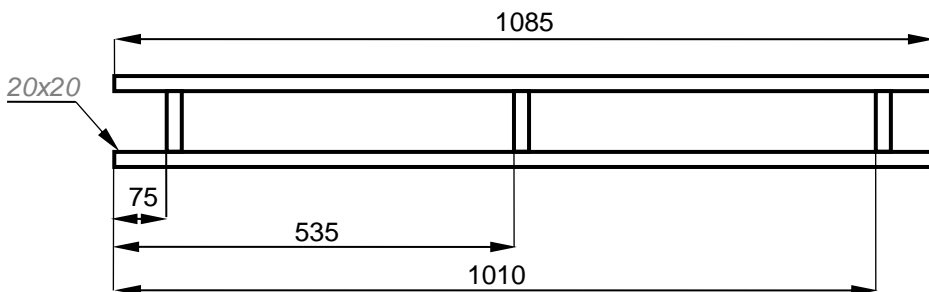
Rys. 6. Podstawa podtrzymująca elementy ruchomego ramienia robota

Do sterowania położeniem ramienia robota wykorzystywane są dwa siłowniki elektryczne. Pierwszy z nich podnosi ramię a drugi, dzięki zastosowaniu żyroskopu elektronicznego, ustawia chwytak w pozycji zbliżonej do poziomej (rys. 7).



Rys. 7. Siłowniki sterujące położeniem ramienia (lewy) i chwytaka (prawy)

Wymiary i kształt dłuższego elementu pokazane są na rys. 8. Długość ramienia została dobrana w ten sposób, żeby przy maksymalnym jego opuszczeniu chwytak znajdował się tuż nad powierzchnią gruntu. Siłownik zastosowany do poruszania ramienia jest to największy i najmocniejszy z siłowników w robocie. Ma on za zadanie nie tylko podnosić przedmioty umieszczone w chwytaku, ale także całą konstrukcję chwytaka. Ze względu na sporą długość w pełni wyprostowanego ramienia wraz z chwytakiem, wynoszącą 196cm, dobierając ten napęd należało wziąć pod uwagę również moment siły, jaki powstaje przy maksymalnym wyprostowaniu.



Rys. 8. Wymiary i kształt dłuższego elementu ramienia robota

3.3. Chwytak

Wymagania projektowe, jakie postawiono konstrukcji chwytaka to:

- sterowany elektrycznie,
- ma podnosić zarówno elementy o kształcie prostokątów (pudełko kartonowe) jak i "bezkształtne" np. torba,
- waga chwytaka powinna nie ograniczać możliwości ruchowych ramienia,

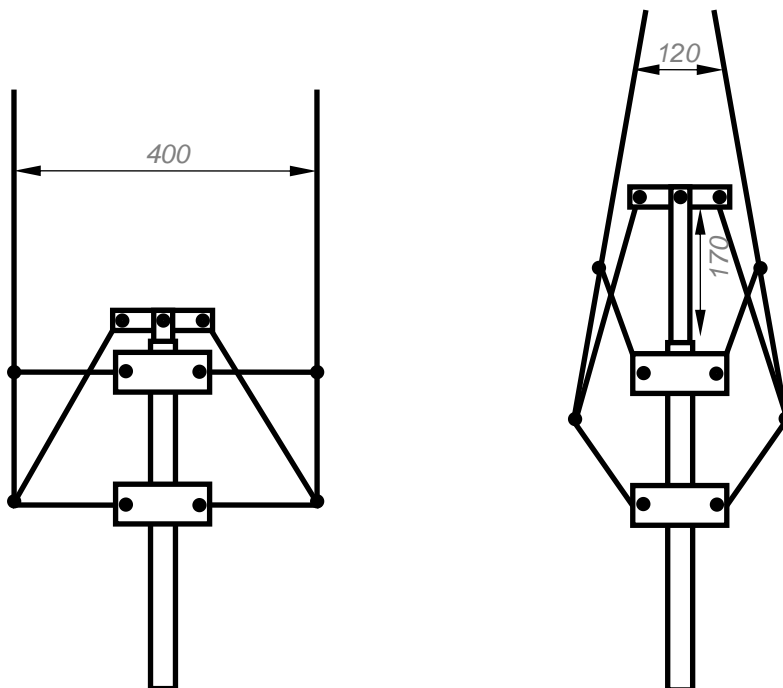
- chwytak powinien utrzymywać stabilnie trzymany przedmiot w pozycji zbliżonej do poziomej.

Wykonany chwytak (rys. 9) może trzymać przedmioty o maksymalnych wymiarach około 400mm i minimalnych 120mm.



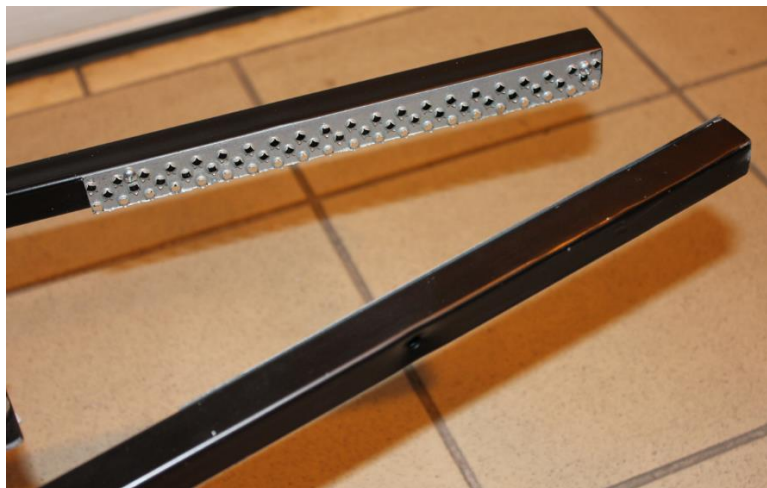
Rys. 9. Chwytak robota

Zamykanie i otwieranie chwytaka odbywa się przy pomocy najmniejszego (a przy tym najbliższego) z siłowników, którego całkowita długość wynosi 400mm, a skok 170mm. Pracę układu chwytaka umożliwi mechanizm dźwigniowy pokazany na rys. 10.



Rys. 10. Mechanizm dźwigniowy chwytaka podczas otwarcia i zamknięcia

Ze względu na niewielką powierzchnię mającą styk z przenoszonym przedmiotem w chwytaku od wewnętrznej strony przykręcono materiał zwiększający tarcie. Użyto fragmentu tarki do styropianu wykonanej z blachy, w której wybite są otwory powodujące wyszczerzenie blachy (rys. 11).



Rys. 11. Element zwiększający tarcie pomiędzy chwytakiem i przedmiotem

Widok dolnej części chwytaka i sposobu mocowania go do ramienia pokazany jest na rys. 12. Niewielkim problemem był w tym przypadku dobór kształtu uchwytu siłownika, który musiał posiadać takie wygięcie, żeby umożliwić ustawienie chwytaka w pozycji poziomej nawet przy maksymalnym podniesieniu ramienia.



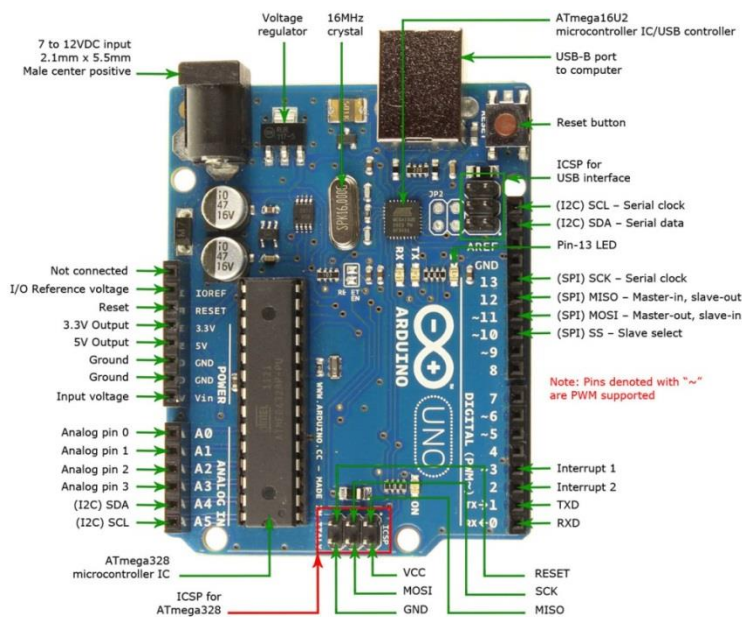
Rys. 12. Widok dolnej części chwytaka i sposobu mocowania go do ramienia

3. BUDOWA UKŁADU STEROWANIA ROBOTA

3.1. Sterowniki Arduino Mega i Uno

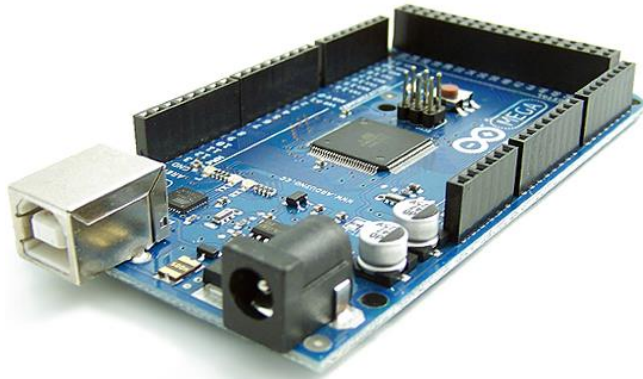
Arduino jest to otwarta platforma programistyczna oparta na układach programowalnych z wbudowaną obsługą elementów wejścia i wyjścia oraz standaryzowanym językiem programowania, który podobny jest do środowiska Wiring i języka C++. Jest to ogólnodostępna, tania, elastyczna i łatwa w użyciu platforma, która stanowi alternatywę dla bardziej zaawansowanych kontrolerów, wymagających bardziej skomplikowanych narzędzi programistycznych [4].

Płyta Arduino zawiera jednoukładowy procesor, cyfrowe i analogowe porty wejścia/wyjścia oraz interfejs UART lub USB służący do podłączenia komputera, z którego się ją programuje. Oprócz tego komputer może też być użyty do interakcji lub kontroli układu w czasie działania. W budowie robota zastosowano dwa sterowniki. Pierwszy z nich to Arduino UNO, widoczny na rys. 13, i odpowiedzialny jest on za poziomowanie chwyta.



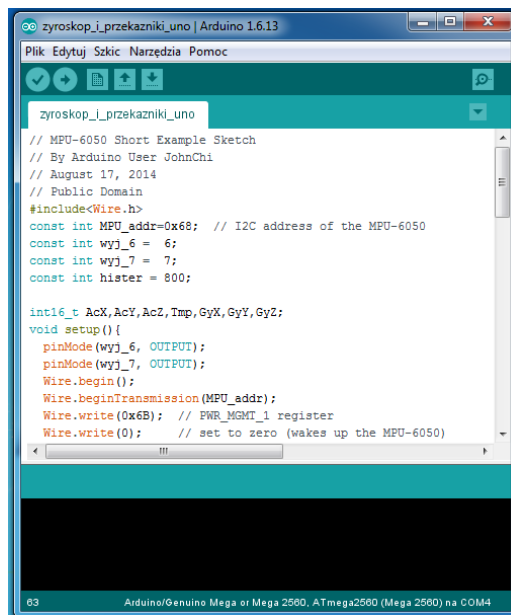
Rys. 13. Arduino UNO [9]

Drugi, o znacznie większych możliwościach przyłączania układów wejścia/wyjścia (Arduino MEGA widoczny na rys. 14), odpowiedzialny jest za komunikację bluetooth i sterowanie ruchem robota.



Rys. 14. Sterownik Arduino MEGA 2560 [5]

Programowanie sterowników Arduino odbywa się za pośrednictwem specjalnego interfejsu Arduino IDE (rys. 15). Wewnątrz Arduino IDE kod programu jest kompilowany przez `avr-gcc`, a następnie wgrany do płyty Arduino. IDE działa w tym wypadku jako emulator terminala szeregowego, pozwalając na interakcję ze sterownikiem.



```
zyroskop_i_przekazniki_uno | Arduino 1.6.13
Plik Edytuj Szkic Narzędzia Pomoc

zyroskop_i_przekazniki_uno

// MPU-6050 Short Example Sketch
// By Arduino User JohnChi
// August 17, 2014
// Public Domain
#include<Wire.h>
const int MPU_addr=0x68; // I2C address of the MPU-6050
const int wyj_6 = 6;
const int wyj_7 = 7;
const int hister = 800;

int16_t AcX,AcY,AcZ,Tmp,GyX,GyY,GyZ;
void setup(){
  pinMode(wyj_6, OUTPUT);
  pinMode(wyj_7, OUTPUT);
  Wire.begin();
  Wire.beginTransmission(MPU_addr);
  Wire.write(0x6B); // PWR_MGMT_1 register
  Wire.write(0); // set to zero (wakes up the MPU-6050)
}
```

Rys. 15. Interfejs do programowania sterowników Arduino

Obecnie układy Arduino bazują na mikrokontrolerach Atmel AVR. Na rynku istnieje też wiele klonów inspirowanych oryginalnym Arduino, które są o wiele tańsze, a posiadają tę samą funkcjonalność.

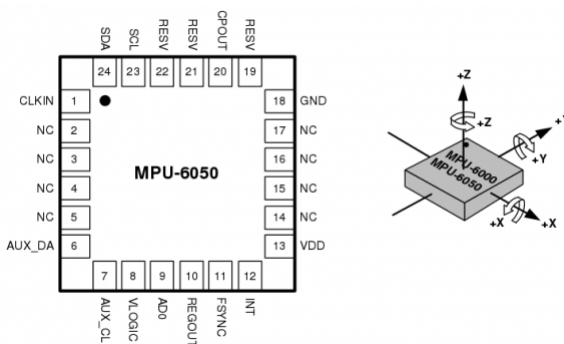
3.2. Trzyosiowy żyroskop z akcelerometrem MPU6050

MPU6050 jest układem, który łączy w sobie 3-osiowy żyroskop, 3-osiowy akcelerometr i termometr cyfrowy. Moduł widoczny jest na rys. 16. Jego szczególną zaletą jest wbudowana sprzętowa jednostka DMP (Digital Motion Processor), która wspomaga przeliczanie przetwarzanych danych, odciążając tym samym mikrokontroler. Jednostkę DMP można zaprogramować tak, aby wykorzystywała do swoich obliczeń również zewnętrzny magnetometr [3].



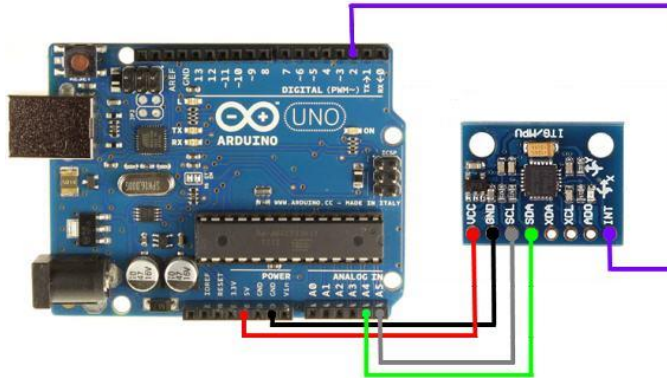
Rys. 16. Trzyosiowy żyroskop z akcelerometrem MPU6050 [2]

Za przetwarzanie danych odpowiada przetwornik 16 bitowy. Czujnik posiada też zaimplementowany programowalny filtr dolnoprzepustowy, dodatkową szynę do komunikacji z innymi układami oraz dodatkowe tryby oszczędzania energii. Maksymalny pobór prądu wynosi 4,1 mA. Napięcie zasilania może wahać się w zakresie od 2.375V ÷ 3.46V, natomiast poziomy logiczne mieszczą się w zakresie od 1.71V do wartości napięcia zasilania [3]. Wyprowadzenia linii układu MPU6050 oraz orientacja osi pokazane są na rys. 17.



Rys. 17. Wyprowadzenia linii układu oraz orientacja osi [3]

Aby podłączyć moduł żyroskopu do płytki Arduino UNO pin oznaczony SCL podłącza się do pinu A5, natomiast pin SDA do pinu A4 (Arduino). Schemat podłączenia pokazany jest na rys. 18.



Rys. 18. Schemat podłączenia żyroskopu [1]

Odczyt danych bezpośrednich z żyroskopu realizowany jest za pomocą funkcji `readRawGyro()`, a przeliczonych na jednostkę dps (ang. degree per second – stopnie na sekundę) za pomocą funkcji `readNormalizeGyro()`. W przypadku odczytu danych z akcelerometru, należy posłużyć się funkcjami `readRawAccel()` oraz `readNormalizeAccel()`. Znormalizowaną jednostką są tutaj m/s^2 .

3.3. Moduł bluetooth XM-15B SPP

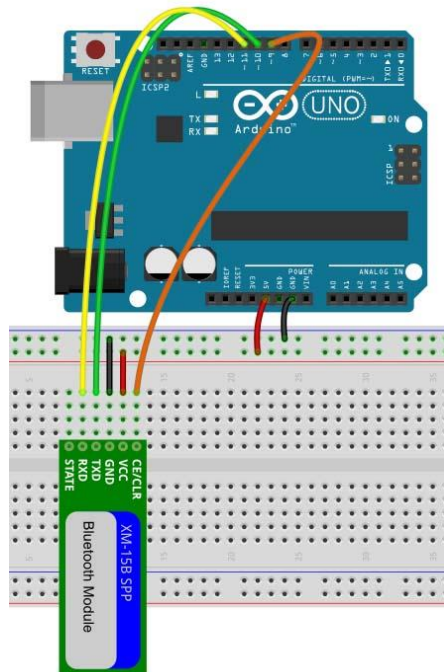
Moduł Bluetooth XM-15B SPP (rys. 19) jest modułem bluetooth klasy 2, co oznacza, że jego teoretyczny zasięg wynosi około 10-30m w pomieszczeniach bez przeszkód i około 15m, gdy na drodze sygnału znajdują się jakieś przedmioty. Posiada interfejs komunikacyjny UART i korzysta z fal radiowych w paśmie ISM 2,4 GHz. Konfiguracja odbywa się przez interfejs UART za pomocą komend AT, przy domyślnej prędkości transmisji portu 9600bps. Standardowe hasło do sparowania to: 1234. Moduł pracuje poprawnie w zakresie napięć 3,3 do 6V, gdyż posiada w sobie wbudowany konwerter napięć. XM-15B SPP posiada też wbudowaną diodę LED wskazującą obecność zasilania oraz diodę statusową sygnalizującą poprawne podłączenie modułu.



Rys. 19. Moduł bluetooth XM-15B SPP [10]

W celu podłączenia modułu do sterownika Arduino wykorzystuje się piny: VCC – zasilanie, GDN – masa oraz RX, TX – port UART. STATE czyli pin statusowy,

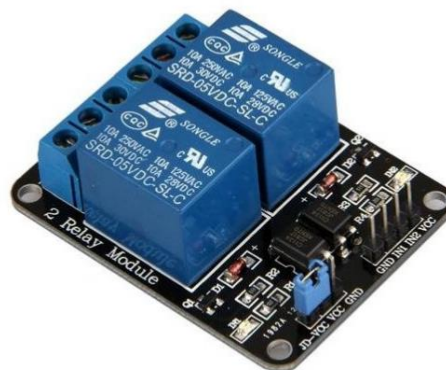
może być użyty do podłączenia diody sygnalizującej nawiązanie połączenia przez moduł. Schemat podłączenia pokazany jest na rys. 20.



Rys. 20. Schemat podłączenia modułu bluetooth XM-15B SPP [11]

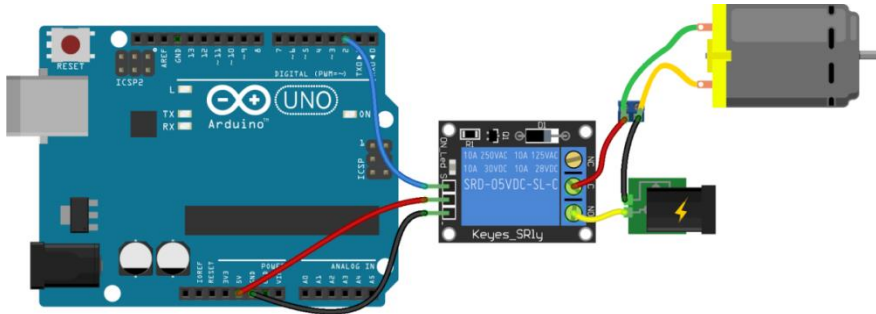
3.4. Uniwersalny moduł z przekaźnikiem

Uniwersalny moduł z przekaźnikiem 5V (rys. 21) w celu ochrony sterownika przed zniszczeniem posiada izolację optoelektroniczną. Dzięki zastosowaniu



Rys. 21. Moduł przekaźnikowy podwójny [13]

optoizolacji minimalny jest też pobór prądu. Układ pozwala na sterowanie elementami wykonawczymi przy pomocy portów mikrokontrolera Arduino, np. silnikiem (rys. 22). Moduł zasilany jest napięciem 5V do pinów VCC oraz GND. Załączenie modułu odbywa się poprzez podanie stanu niskiego LOW, a więc masy na wejścia sygnałowe IN1, IN2.

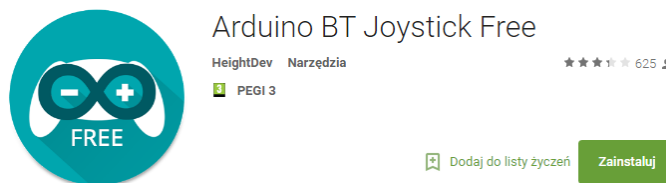


Rys. 22. Sterownie załączeniem silnika za pomocą przekaźnika [12]

O załączeniu przekaźnika informuje dioda. Po wyjęciu zworki moduł przechodzi w tryb testu. Jest to tryb, w którym po podaniu sygnału nie załącza się przekaźnik. Jest to funkcja przydatna w czasie testów, aby często nie załączać i rozłączać podłączonego pod przekaźnik napędu [13]. Aby sterować modułem przekaźnikowym należy zdefiniować port cyfrowy jako wyjście.

3.5. Aplikacja do sterowania na urządzenia Android

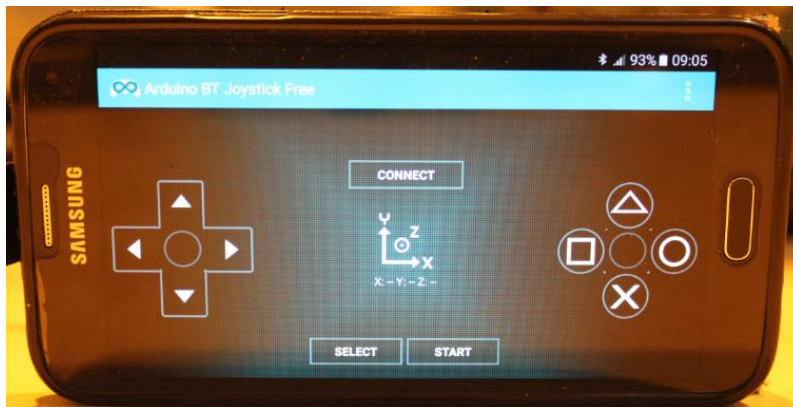
Sterowanie ruchem robota odbywa się za pomocą urządzenia mobilnego (telefon, tablet) z systemem android i łączem bluetooth. Wykorzystano darmową aplikację ze sklepu Play (rys. 23).



Rys. 23. Widok strony aplikacji sterującej w sklepie Play

Jest to typowo dżoystik cyfrowy, w którym po przyciśnięciu przycisku na ekranie dotykowym wysyłany jest do kontrolera opartego na układzie Arduino Mega jeden znak (liczba lub litera). W zależności od znaku załączany jest jeden z przekaźników odpowiadających za poruszanie siłownikami lub silnikami. Przyciski umieszczone po lewej stronie ekranu odpowiadają za ruch kół. Skręcanie odbywa się przy

przeciwnym ruchem obu kół napędowych, przez co bardziej można mówić o obrocie się platformy wokół własnej osi. Przyciski umieszczone po prawej stronie odpowiedzialne są za podnoszenie i opuszczenie ramienia oraz otwieranie i zamykanie chwytaka.



Rys. 24. Interfejs sterujący robotem

Sterowanie robota należy rozpocząć od sparowania telefonu z modułem bluetooth. W tym celu należy uaktywnić w telefonie połączenie bluetooth, wcisnąć przycisk Connect i wybrać z listy urządzenie XM-15. Po nawiązaniu połączenia od razu możliwe jest sterowanie ruchem.

3.6. Sterowanie ramieniem robota

Do sterowania położeniem ramienia robota wykorzystywane są dwa silowniki elektryczne, z których pierwszy podnosi ramię, a drugi, dzięki zastosowaniu żyroskopu elektronicznego, ustawia chwytak w pozycji zbliżonej do poziomej (rys. 25).



Rys. 25. Siłowniki ramienia i chwytaka

Fragment kodu programu odpowiadającego za sterowanie podnoszeniem ramienia i otwarciem chwytaka pokazany jest poniżej.

```
else if (b == '7')
{
digitalWrite( ledPin_26, HIGH);//ramie góra
digitalWrite( ledPin_28, LOW);
}
else if (b == '9')
{
digitalWrite( ledPin_26, LOW);//ramie dół
digitalWrite( ledPin_28, HIGH);
}
else if (b == '8')
{
digitalWrite( ledPin_2, LOW);//otwieranie chwytaka
digitalWrite( ledPin_3, HIGH);
}
else if (b == 'A')
{
digitalWrite( ledPin_3, LOW);//zamykanie chwytaka
digitalWrite( ledPin_2, HIGH);
}
}
```

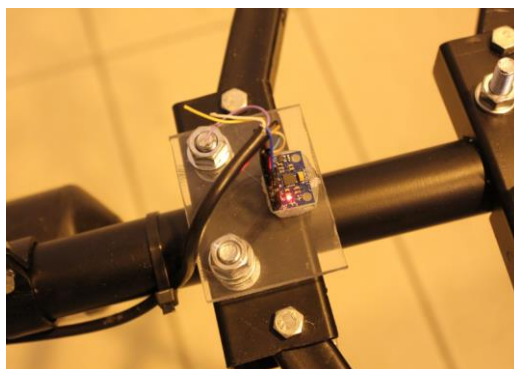
3.7. Poziomowanie chwytaka za pomocą żyroskopu

Chwytnak posiada możliwość rozchylania się w granicach od 12 do 40 cm. Poziomowanie chwytaka odbywa się przy pomocy siłownika i 3-osiowego żyroskopu z akcelerometrem wykonanego na układzie MPU6050. Moduł żyroskopu wykorzystuje transmisję I2C. Urządzenia podłączone przez ten interfejs charakteryzują się unikatowym adresem, identyfikującym każde urządzenie, podobnie jak adresy MAC kart sieciowych. W celu odnalezienia adresu modułu MPU6050 należy uruchomić program `i2scanner`. Efektem skanowania jest wyświetlenie w konsoli portu szeregowego wszystkich skanowanych portów i podanie adresu znajdującego modułu (I2C device found at address 0x68 !). Adres ten należy wpisać w odpowiedniej linii programu `gyro` (`const int MPU_addr=0x68; // I2C address of the MPU-6050`). Algorytm poziomicowania położenia chwytaka opiera się o odczyt przyspieszenia ziemskiego w osi Y (zmienna `AcY`), która w pozycji poziomej jest równa 0.

Następnie należało doświadczalnie wyznaczyć przedział (tzw. histerezę), w którym może znajdować się wartość przyspieszenia ziemskiego odczytywana z akcelerometru `AcY` oraz czas, co jaki będzie ono mierzone. Sterowanie położeniem polegało na takim załączaniu siłownika, żeby utrzymywać chwytak w pozycji pomiędzy dolną i górną granicą sygnału $AcY \pm \text{histereza}$. Przy małych wartościach histerezy i przy czasie 100ms zauważono szybkie przełączanie kierunku ruchu siłownika, powodujące skoki ramienia podczas poziomicowania chwytaka. Zjawisko to wyeliminowano programowo poprzez doświadczalne dobranie odpowiedniego czasu opóźnienia pomiaru w pętli w programie `gyro`. W wyniku wielu prób czas ten zwiększono ze standardowego 100ms na 1000ms. Zwiększenie tej wartości spowodowało wydłużenie się czasu pomiędzy kolejnymi ustawieniami poziomu chwytaka, co dało mu czas na „uspokojenie” drgań. Podczas prób doświadczalnych zwiększono też histerezę z 500 na 800. Zabieg ten spowodował stabilniejszą pracę siłownika przy niemal nie zmienionych parametrach sterowania.

4. INTEGRACJA CZĘŚCI MECHANICZNEJ ZE STEROWANIEM ELEKTRONICZNYM

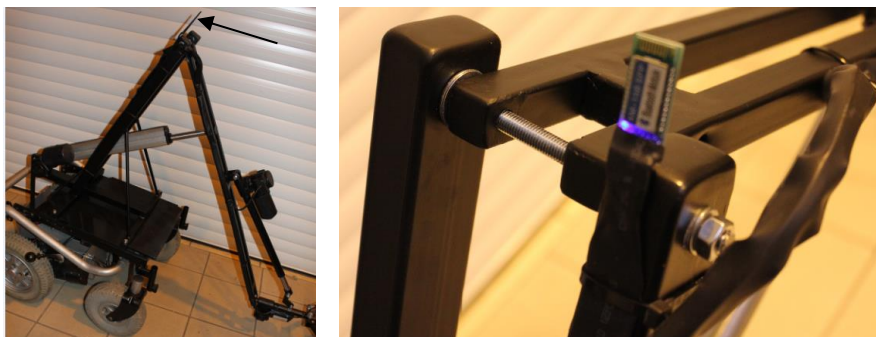
Projektując część mechaniczną należało przewidzieć miejsca mocowania elementów elektronicznych. Pierwszym z nich, umieszczonym na chwytaku jest żyroskop (rys. 26).



Rys. 26. Mocowanie żyroskopu

Jego zadaniem jest poziomowanie chwytaka niezależnie od położenia ramienia robota oraz kąta nachylenia powierzchni, po której on się porusza. W celu uniknięcia zwarcia umieszczony on został na przykręconej do chwytaka śrubami płycie z pleksy. Celowo nie został on zabudowany, żeby w czasie prezentacji można było zobaczyć jak wygląda cały moduł.

Planując montaż modułu komunikacyjnego bluetooth należało wziąć pod uwagę fakt, że powinien on być umieszczony w miejscu nie zakłócającym komunikacji. Nie mógł więc on być zintegrowany z pozostałą elektroniką sterującą i schowany w metalowej skrzynce, ale musiał być umieszczony w najwyższym punkcie robota, tak aby komunikacja nie była zakłócona z żadnej strony. Wybrano do tego szczyt podstawy dłuższego ramienia (rys. 27).



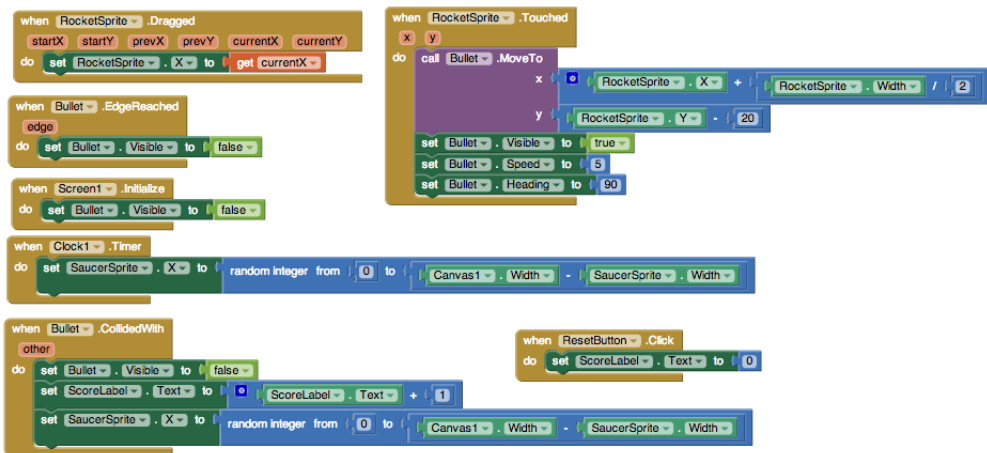
Rys. 27. Mocowanie modułu bluetooth

5. OPIS MOŻLIWOŚCI TECHNICZNYCH ROBOTA

Podczas przeprowadzonych testów stwierdzono, że zarówno wszystkie podzespoły mechaniczne jak i elektroniczne działają poprawnie. Mimo to praca z robotem nastęrcza pewnych trudności, które jednak można wyeliminować stosując modyfikacje programowe lub inne elementy wykonawcze.

Pierwszą z zauważonych wad jest zbyt mała przyczepność kół robota. Powoduje ona kręcenie się kół w miejscu podczas ruszania i poślizgi przy hamowaniu. Spowodowane jest to zbyt małą masą własną napędu, który w normalnych warunkach pracy powinien być jeszcze obciążony ciężarem siedzącej na nim osoby. Problem ten można rozwiązać stosując proporcjonalny układ sterowania kołami, który posiada możliwość sterowania prędkością kół i umożliwia tzw. miękki start i hamowanie. W czasie takiego sterowania, nie tak jak w przypadku sterowania za pomocą przełączników, w którym w momencie załączenia napędu następuje podanie maksymalnego napięcia, można stopniowo zwiększać lub zmniejszać prędkość silników. Zaletą tego rozwiązania jest to, że silnik nie rusza od razu z pełną mocą, przez co mniej się zużywa, a elementy wykonawcze nie są narażone na spalanie, jak to jest w przypadku przełączników, w których na stykach pojawia się łuk elektryczny mogący „zespawać” je ze sobą.

Wprowadzenie sterowania proporcjonalnego wiązać się będzie też ze zmianą oprogramowania sterującego. W tym przypadku należy znaleźć aplikację umożliwiającą sterowanie proporcjonalne lub, co jest lepszym rozwiązaniem, napisać ją samemu. Do tego celu można wykorzystać program MIT App Inventor (rys. 28), w którym aplikacje dla Androida tworzy się w prosty sposób przy pomocy bloczków.



Rys. 28. Aplikacja MIT App Inventor

Funkcjonalność robota sprawdzono też podczas poruszania się w ciasnych pomieszczeniach (rys. 29) jak i pod względem podnoszenia i przenoszenia różnych



Rys. 29. Sugerowana pozycja ramienia robota podczas jazdy

paczek z jednego miejsca w inne. Robot mógł podnosić przedmioty zarówno leżące na ziemi, jak i na wysokości do 1 m (rys. 30).



Rys. 30. Maksymalne uniesienie ramienia robota (100cm)

Podczas testów sprawdzono też zasięg działania łącza bluetooth. Test wykonano w zamkniętym pomieszczeniu, jakim była hala maszyn (budynek A10WM). W linii prostej bez przeszkód zasięg wyniósł około 130m, co stanowi wynik o wiele większy, niż podawał w założeniach producent.

6. PODSUMOWANIE

Projektując i budując opisaną konstrukcję robota oparto się na już istniejących produktach. Jednak ze względu na ograniczone środki finansowe i technologiczne, w ramach tej pracy nie można było wykonać robota tak zaawansowanego technologicznie, jak roboty komercyjne. Założono więc, że robot będzie posiadał wszystkie cechy funkcjonalne, czyli że będzie się mógł poruszać i podnosić przedmioty w podstawowym stopniu. Mimo to robot doskonale działa i może wykonywać zadania związane z przenoszeniem różnych elementów.

Wykonana konstrukcja może być doskonałą bazą do rozbudowy o dodatkowe komponenty elektroniczne i mechaniczne. Zastosowany w robocie sterownik Arduino Mega został wykorzystany tylko w niewielkiej części i ma jeszcze dużo wolnych portów do których można podłączyć dodatkowe czujniki. W przyszłości planowane są następujące prace:

- wyposażenie robota w lokalny wyłącznik bezpieczeństwa; wyłącznik lokalny tzw. „grzyb” będzie służyć do wyłączania napędów w przypadku, gdy nastąpi awaria sterowania i wystąpi możliwość zderzenia robota z przedmiotami znajdującymi się w jego otoczeniu; będzie mógł on być jednak tylko stosowany w przypadku, gdy jakaś osoba znajduje się w pobliżu robota;
- wyposażenie robota w zdalny wyłącznik bezpieczeństwa; wyłącznik zdalny powinien być oparty na dodatkowym sterowniku i komunikacji radiowej; jest to niezbędne do zachowania poziomu bezpieczeństwa, gdyż możliwe jest np. zwarcie się na stałe styków przekaźnika, powodujące stały ruch robota, co skutkowało by zderzeniem robota w przeszkodę lub zniszczeniem siłownika,
- wymiana sterowania na analogowe; pozwoli to na sterowanie zarówno prędkością jazdy robota jak i szybkością podnoszenia przedmiotów, w algorytmie sterowania będzie można zastosować tzw. miękki start i stop, co wyeliminuje kręcenie się kół podczas ruszania i poślizg podczas hamowania,
- po zastosowaniu sterowania analogowego należy napisać nową aplikację sterującą, która umożliwi sterowanie analogowe i zezwala też zarówno na sterowanie położeniem chwytaka na podstawie wskazań żyroskopu jak i ręcznie; da to o wiele większe możliwości unoszenia i chwytania przedmiotów,
- doposażenie robota w dodatkowe czujniki np. wykrywające przeszkody, zamontowanie modułu GPS umożliwiającego autonomiczne wykonywanie zadań związanych z przejazdem po wyznaczonej trasie,
- wyposażenie robota w bezprzewodową kamerę, a operatora w monitor, na którym mógłby obserwować na odległość przestrzeń przed poruszającym się robotem, umożliwiło by to dokładniejsze sterowanie i dało możliwość operowania robotem z dalszej odległości.

Biorąc pod uwagę opisane wyżej fakty można jednak stwierdzić, że zaprojektowany i wykonany robot, działa, a wykonana konstrukcja stanowi doskonałą bazę do rozbudowy robota.

Bibliografia

1. <http://42bots.com/tutorials/arduino-script-for-mpu-6050-auto-calibration/>
2. <http://roboblog.eu/2016/04/07/arduino-poradnik-8-zyroskopakcelometr-mpu-6050>
3. <http://www.jarzebski.pl/arduino/czujniki-i-sensory/3-osioowy-zyroskop-i-akcelometr-mpu6050.html>
4. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Arduino>
5. <https://www.cooking-hacks.com/>
6. <http://www.zabezpieczenia.com.pl/ochrona-osobista/polskie-antyterrorystyczne-roboty-mobilne>
7. https://www.funduszeuropejskie.2007-2013.gov.pl/sukcesdzekife/Strony/PROTEUS_POIG.aspx?N=T
8. <http://www.zabezpieczenia.com.pl/ochrona-osobista/polskie-antyterrorystyczne-roboty-mobilne>
9. <https://www.robomart.com/image/catalog/RM0058/01.jpg>
10. <http://www.avmarket.eu/modul-bluetooth-xm-15b-p-3972.html>
11. <http://www.braesidewebdesign.com/electroblog/XM-15B>
12. <http://4.bp.blogspot.com/-GJoorI3Lsq0/Vn5QeeXRgOI/AAAAAAAAA-U/fBfkIn0foh0/s1600/relay%2Bmodule%2Binterface%2Barduino.png>
13. <http://abc-rc.pl/Przekaznik-5V-10A-2-kanal>
14. <https://apod.nasa.gov/apod/ap021126.html>

ANALIZA WARUNKÓW PRACY OGNIW LI-ION W KLASTRACH ENERGII

Chciuk Marcin, Bachman Paweł

1. Wstęp

Akumulatory litowe pojawiły się na rynku ponad 20 lat temu, a obecnie dostępne są w różnych odmianach. Ich popularność bardzo szybko rośnie i są stosowane w wielu urządzeniach mobilnych wymagających bezprzewodowego zasilania, takich jak: telefony komórkowe, tablety, laptopy, aparaty fotograficzne, elektronarzędzia, a także w samochodach elektrycznych i hybrydowych. Najpopularniejsze spośród nich są akumulatory litowo-jonowe, opisywane w skrócie Li-ion lub Li-jon. Coraz większą popularność zdobywają też akumulatory litowo-polimerowe (Li-poly lub Li-po), a w ostatnim czasie także akumulatory litowo-żelazowo-fosfatowe (LiFe lub LiFePO₄). Akumulatory litowe są coraz powszechniej stosowane ze względu na brak efektu pamięci, niskie samorozładowanie, wysoką trwałość (ponad 1000 cykli ładowania i rozładowania) oraz wysoką gęstość energii (200 Wh/kg). Akumulatory litowe pomimo wyżej wymienionych zalet wymagają szczególnej uwagi przy ich użytkowaniu. Niewłaściwe obchodzenie się z tymi akumulatorami, zwłaszcza ich przeładowanie lub nadmierne rozładowanie, w znacznym stopniu może zmniejszyć ich trwałość, pojemność, a także trwale je uszkodzić jak i doprowadzić do ich zapłonu lub wybuchu. Przy dłuższym nieużytkowaniu akumulatorów litowych powinno się je przechowywać w chłodnym miejscu, naładowane do ok. 40%. Przechowywanie ich w pełni naładowanych lub w pełni rozładowanych może doprowadzić do spadku ich sprawności, a nawet w przypadku akumulatorów pryzmatycznych do ich puchnięcia. Ogniwa litowe powinny być również jak najszybciej naładowane po ich rozładowaniu oraz nie powinny być poddawane działaniu zbyt wysokich jak i zbyt niskich temperatur. Zachowanie wyżej wymienionych zasad przy użytkowaniu akumulatorów litowych powinno wydłużyć ich sprawność.

2. Ładowanie akumulatorów litowych

Ważnym elementem użytkowania akumulatorów litowych jest proces ich ładowania. Warunkiem bezpiecznego ich ładowania jest kategoriyczny zakaz przekraczania parametrów dopuszczalnego napięcia i prądu ładowania. Ogniwa litowe należy ładować metodą CC/CV najpierw przy stałym prądzie CC (ang. *constant current*), wynoszącym zwykle $0,2C \div 0,3C$. Dla wybranych ogniw dopuszczalny jest również prąd ładowania $0,5C \div 1C$. Gdy napięcie wzrośnie do

wyznaczonej wartości, ładowanie powinno odbywać się przy stałym napięciu CV (ang. *constant voltage*) prądem o samoczynnie malejącej wartości. Dla akumulatorów Li-Ion o napięciu nominalnym 3,6 V maksymalne napięcie ładowania powinno wynosić 4,1 V, dla ogniw Li-Po oraz Li-Ion o napięciu nominalnym 3,7 V maksymalne napięcie ładowania powinno wynosić 4,2 V. Natomiast dla akumulatorów LiFePO₄ o napięciu nominalnym 3,3 V maksymalne napięcie ładowania powinno wynosić 3,6 V. Szczegółowe parametry prądów i napięć ładowania zebrane są w tab. 1.

Tabela 1. Parametry ogniw litowych.

	Li-Ion	Li-Po	Li-Fe
Napięcie znamionowe	3,6 V/ogniwo	3,7 V/ogniwo	3,3 V/ogniwo
Maksymalne napięcie ładowania	4,1 V/ogniwo	4,2 V/ogniwo	3,6 V/ogniwo
Minimalne napięcie ładowania	2,9÷3,2 V/ogniwo	3,0÷3,3 V/ogniwo	2,6÷2,9 V/ogniwo
Napięcie przechowywania	3,7 V/ogniwo	3,8 V/ogniwo	3,3 V/ogniwo
Końcowe napięcie rozładowania	2,5 V/ogniwo	3,0 V/ogniwo	2,0 V/ogniwo

3. Budowa i rodzaje akumulatorów litowych

W akumulatorach litowych podstawą magazynowania energii jest ruch dodatnich jonów litu między anodą i katodą w przewodzącym elektrolicie, co związane jest z przemianami chemicznymi. Elektrody akumulatorów litowo-jonowych wykonywane są z węgla (najczęściej grafitu) oraz tlenków metali i są one zanurzone w elektrolicie z soli litowych. Cechują się wysoką gęstością energii, która może przekroczyć 160 Wh/kg.

Akumulatory litowo-polimerowe są ogniwami litowo-jonowymi, w których elektrolit w postaci cieczy zastąpiono stałym elektrolitem w postaci przewodzących polimerów, zawierających sole litu. Dzięki temu ogniwa te mogą posiadać niemal dowolne kształty (np. płaski, do telefonów komórkowych), cechują się większą gęstością energii oraz posiadają o 0,1 V wyższe napięcie znamionowe od standardowych ogniw Li-Ion. Bardzo wolno też ulegają samo rozładowywaniu. Zastosowanie elektrolitu polimerowego wpłynęło na zwiększenie rezystancji wewnętrznej ogniw co spowodowało wzrost ich bezpieczeństwa przez zmniejszenie możliwości pożaru.

LiHV (ang. *High Voltage LiPo*) są to w ogniwa litowo-polimerowe o skorygowanej chemii, umożliwiające bezpieczną regulację napięcia ładowania do 4,35V na celę. Akumulatory LiHV są mniej podatne na puchnięcie w porównaniu do LiPo. Dzięki ich większemu napięciu końcowemu zauważalny jest znaczny wzrost mocy i czasu pracy.

Kolejną odmianą są akumulatory litowo-żelazowo-fosfatowe, które różnią się tym od pozostałych, że ich katody wykonane z materiału LiFePO₄. Dzięki temu ogniwa te

cechują się nieco mniejszym napięciem znamionowym niż tradycyjne ogniwa Li-Ion. Posiadają natomiast bardzo dużą gęstość energii i wytrzymują wiele cykli ładowania i rozładowania. Ich napięcie nie powinno jednak spadać poniżej 2 V, co może bezpowrotnie uszkodzić te ogniwa. Porównanie wybranych parametrów ogniw litowych pokazane jest w tabeli 2.

Tabela 2. Porównanie wybranych parametrów ogniw litowych

Ogniwo	Pojemność	Zakres temperatury	Prąd ładowania		Prąd rozładowania	
			Standardowy	Szybki	Ciągły	Chwilowy
Panasonic NCR-18650B Li-Ion 3,7V	3400mAh	-	1,6 A	-	4,87A	6,8A
SAMSUNG INR18650-30Q Li-Ion 3,7V	3000mAh	ładowanie: 0÷+50°C, rozładowanie: -20÷+75°C	1,5 A	4 A	15A	20A
KeepPower IMR18650 Li-Ion 3,7V	3000mAh	ładowanie: 0÷+45°C, rozładowanie: -20÷+60°C	1 A	-	20 A	35A
A123 APR18650M1 Li-Fe 3,3V	1100mAh	użytkowania: -30÷+60°C	1,5 A	4 A	30 A	-

4. Łączenie i parametry ogniw

Akumulatory są budowane z jednego (ang. *cell*) lub większej liczby ogniw (ang. *battery pack*). Litera S (ang. *serial*) opisuje ile ogniw jest połączonych w szereg (napięcie pakietu). Litera P (ang. *parallel*) opisuje, ile ogniw jest połączonych równolegle (suma pojemności ogniw).

Przy ogniwach połączonych szeregowo napięcie można obliczyć z wzoru:

$$V_p = V_c * n, \quad (1)$$

gdzie V_p to napięcie pakietu, V_c to znamionowe napięcie ogniwa, a n to ilość ogniw w pakiecie.

W przypadku ogniw połączonych równolegle napięcie ma wartość napięcia znamionowego użytych ogniw, natomiast sumują się pojemności ogniw połączonych równolegle

$$Q_p = Q_c * n, \quad (2)$$

gdzie Q_p to pojemność pakietu akumulatora, Q_c to pojemność ogniwa, a n to ilość ogniw w pakiecie.

Wydajność prądową akumulatora litowego oblicza się z wzoru:

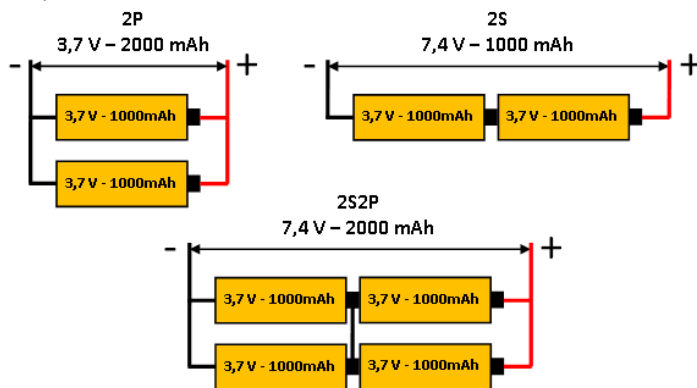
$$I_p = Q_p * c, \quad (3)$$

gdzie I_p to maksymalna wydajność prądowa pakietu akumulatora, Q_p to pojemność pakietu, a c to wartość krotności pojemności nominalnej oznaczanej literą C.

Przykładowo oznaczenie 1S2P lub samo 2P oznacza 2 ogniwa połączone równolegle, napięcie jest równe napięciu nominalnemu użytych ogniw np. 3,7 V a sumę pojemności ogniw obliczamy z wzoru (2) np.

$$1000 \text{ mAh} + 1000 \text{ mAh} = 2000 \text{ mAh}$$

Oznaczenie 2S1P lub samo 2S oznacza 2 ogniwa połączone szeregowo, napięcie obliczamy korzystając ze wzoru (1) i dla ogniw 3,7V wynosi ono 7,4V, w tym przypadku pojemności nie sumują się. Symbol 2S2P oznacza pakiet złożony z 4 ogniw, gdzie połączone są szeregowo dwie pary połączonych ze sobą równolegle ogniw. Napięcie oblicza się korzystając z zależności (1), w tym przypadku dla obliczenia pojemności korzystamy z zależności (2). Przykłady łączenia ogniw pokazane są na rys. 1.



Rys. 1. Przykłady łączenia ogniw

Dla akumulatorów podawana jest również ich maksymalna wydajność prądowa, w amperach, lub jako krotność pojemności nominalnej C . Przykładowo akumulator 3400 mAh - 10C może pracować przy obciążeniu prądem 34 A. Wartość tą obliczamy korzystając ze wzoru (3) $3,4 \text{ A} * 10 = 34 \text{ A}$. Maksymalny prąd ładowania również może być podany w amperach lub określony literą C . Wartości te informują użytkownika o maksymalnym prądzie, jakim można ładować akumulator. Przekroczenie wartości tej może uszkodzić ogniwa. Obliczenia przeprowadza się w taki sam sposób, jak przy wydajności prądowej korzystając z zależności (3), z tą różnicą, że prąd ładowania jest dużo niższy od prądu rozładowywania. Zazwyczaj jest to 0,2C do 0,5C i 1C do 2C dla akumulatorów z dużą ilością ogniw. Kolejnym parametrem jest pojemność podawana w mAh (miliamperogodzinach), która informuje, przez jaki czas można pobierać prąd o danym natężeniu. Dla akumulatorów o dużych pojemnościach wartość ta może zostać podana w Ah (amperogodzinach). W celu obliczania przybliżonego czasu pracy akumulatora t należy znać jego pojemność Q_p oraz średnią wartość prądu I_s pobieranego z pakietu podczas pracy. Wartość tą możemy obliczyć korzystając ze wzoru:

$$t = Q_p / I_s, \quad (4)$$

Przykładowo akumulator ma pojemność $Q_p = 3400 \text{ mAh}$, średni prąd, którym go obciążono wynosi $I_s = 4,5 \text{ A}$, akumulator ten będzie pracował przez czas $t = 0,75 \text{ h}$, a więc 45min.

$$t = \frac{3,4 \text{ Ah}}{4,5 \text{ A}} = 0,75 \text{ h}, \quad (5)$$

Innym przykładem może być obliczenie wymaganej pojemności akumulatora. Przyjmując, że pakiet ogniw ma pracować przez 4 godziny, w pierwszych dwóch

godzinach z pakietu pobierany będzie prąd o wartości 0,5 A, w trzeciej godzinie o wartości 1,5 A, a w czwartej godzinie o wartości 2 A. Średni prąd w tym przypadku wyniesie 1,125 A:

$$I_s = \frac{2}{4} * 0,5 \text{ A} + \frac{1}{4} * 1,5 \text{ A} + \frac{1}{4} * 2 \text{ A}, \quad (6)$$

$$I_s = \frac{1 \text{ A}}{4} + \frac{1,5 \text{ A}}{4} + \frac{2 \text{ A}}{4} = \frac{4,5 \text{ A}}{4} = 1,125 \text{ A}, \quad (7)$$

Znając wymagany czas pracy akumulatora $t=4$ h oraz średni prąd pobierany z pakietu w trakcie pracy $I_s=1,125$ A, po przekształceniu wzoru (4) można obliczyć wymaganą pojemność akumulatora Q_p potrzebną do zasilenia urządzenia, która w naszym przypadku wynosi 4500 mAh.

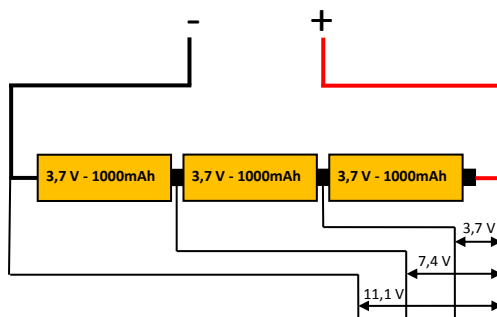
$$Q_p = t * I_s, \quad (8)$$

$$Q_p = 4 \text{ h} * 1,125 \text{ A} = 4,5 \text{ Ah} = 4500 \text{ mAh}, \quad (9)$$

W trakcie użytkowania ogniw litowych połączonych w pakiety, zarówno przy ich ładowaniu jak i rozładowywaniu, ważnym czynnikiem mającym wpływ na ich trwałość jest utrzymywanie równomiernego napięcia na wszystkich ogniwach (celach). Złe dobrane na etapie produkcji pakietów lub w różnym stopniu starzejące się w trakcie eksploatacji ogniwa pakietu mogą doprowadzić do zjawiska rozbalansowania pakietu ogniw. Rozbalansowanie pakietu ogniw polega na nierównomierniej pracy poszczególnych ogniw i najczęściej jest wynikiem nierównomiernie zmniejszającej się pojemności ogniw, a co za tym idzie różnym napięciu na poszczególnych ogniwach. W trakcie rozładowywania pakietu może dojść do sytuacji, w której jedno lub więcej z ogniw w szeregu będzie miało mniejszą pojemność, co spowoduje, że na tym ogniwie napięcie spadnie bardziej niż na pozostałych. Przy użytkowaniu akumulatorów litowych badanie napięcia całego pakietu jest niewystarczające, ponieważ w sytuacji takiej przyjmuje się, że wyłączenie akumulatora nastąpi przy zbliżającym się bezpiecznym końcowym napięciu rozładowania dla całego pakietu. Przykładowo dla pakietu 3S akumulatorów Li-Po, nominalne napięcie wynosi 11,1 V, końcowe napięcie rozładowania, przy którym akumulator musi być bezwzględnie wyłączony, dla tego akumulatora wynosi 9 V. Badanie napięcia tylko na krańcowych zaciskach pakietu nie pozwala określić, w jakim stopniu rozładowane są poszczególne ogniwa tego pakietu. W sytuacji, w której jedno z tych ogniw rozładowane byłoby do poziomu poniżej 3 V np. 2,9 V, gdy pozostałe ogniwa posiadały by napięcie 3,3 V, suma napięć całego pakietu będzie wynosiła 9,5 V. Jest to teoretycznie jeszcze bezpieczne napięcie, przy którym pakiet mógłby pracować. Natomiast pogłębiające się w szybszym stopniu rozładowanie jednego z tych ogniw doprowadzi do jego trwałego uszkodzenia, a co za tym idzie uszkodzenia całego pakietu. Aby temu zapobiec, w trakcie rozładowywania pakietu, należy badać napięcie każdego z ogniw, co pozwoli na wyłączenie akumulatora przez układ sterowania we właściwym momencie.

Do uniknięcia kłopotów z rozbalansowaniem pakietu ogniw należy zastosować balanser i specjalnie skonstruowane pakiety ogniw, z których wyprowadzone są dwa zestawy przewodów. Pierwszy z nich to 2 przewody wysoko prądowe, zazwyczaj czerwony i czarny, które zasilają cały pakiet, czyli wszystkie połączone szeregowo cele. Drugi zestaw przewodów doprowadzony jest do układu balansera i zapewnia on

połączenie z każdą celą pakietu osobno. Schemat podłączenia takiego układu przedstawiono na rys. 2.



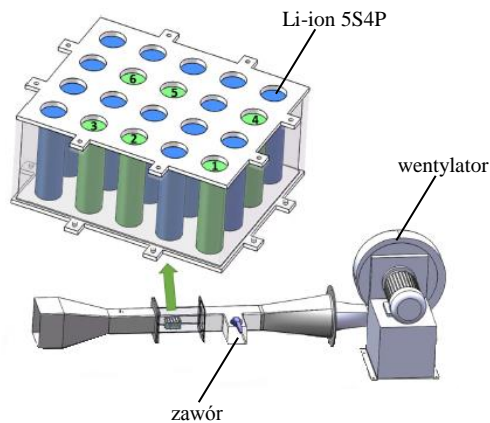
Rys. 2. Schemat podłączenia układu balansera

5. Utrzymywanie optymalnej temperatury pracy ogniw

Utrzymywanie klastrów energii w odpowiedniej temperaturze jest bardzo ważne z punktu widzenia wydajności ogniw. Stosowanie klastrów energii w urządzeniach narażonych na wpływ czynników zewnętrznych, takich jak temperatura sprawia, że wraz z akumulatorami należy w nich umieszczać systemy utrzymujące właściwe warunki pracy. Głównie mówi się tutaj o systemach chłodzenia ogniw podczas pracy, ale biorąc pod uwagę, że ogniwa mogą być zastosowane np. w samochodzie elektrycznym, który na noc może pozostać na dworze, przy ujemnych temperaturach ogniwa mimo, że są nie używane, również mogą stracić swoją pojemność. W takim wypadku należało by zastosować układ podgrzewający.

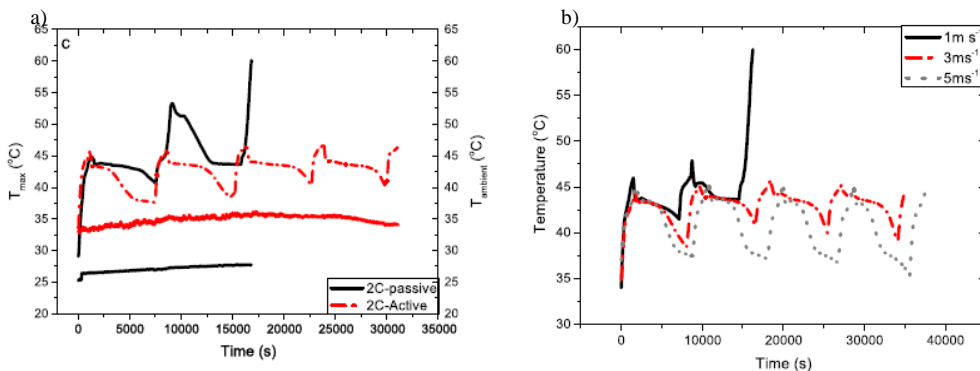
Ze względu na zasadę działania można wyróżnić dwa podstawowe systemy chłodzące. Pierwszy z nich opiera się jedynie na rozpraszaniu ciepła za pomocą różnego rodzaju radiatorów, bez udziału innych elementów, i nazywany jest on pasywnym. Jeżeli w układzie stosuje się dodatkowe elementy typu wentylator wymuszający przepływ powietrza lub pompę w obiegu chłodzonym cieczą można mówić o systemach aktywnych.

W publikacji [9] opisany został aktywny układ chłodzenia pakietu akumulatorów Li-ion 5S4P (rys. 3) za pomocą powietrza. Strumień powietrza wymuszany jest w nim przez wentylator.



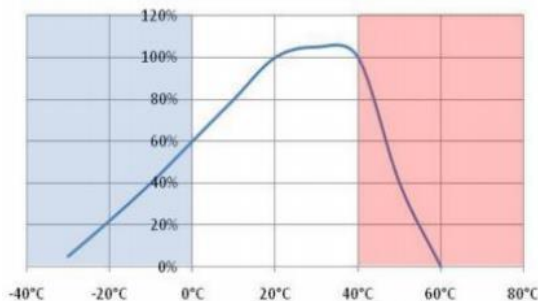
Rys. 3. Aktywny układ chłodzenia pakietu akumulatorów [9]

Autorzy wykonali pomiary porównawcze dla układu pasywnego, bez włączonego wentylatora i układu, w którym wentylator wymuszał przepływ powietrza (rys. 4a). Czas trwania pomiaru wynosił około 10 godzin, podczas których ładowano i rozładowywano akumulatory. Jak widać na wykresie, po drugim cyklu pracy pakietu akumulatorów, w przypadku pasywnego układu chłodzenia, nastąpił nagły wzrost temperatury do około 60°C . Jest to sytuacja, która mogła spowodować zniszczenie ogniw lub co najmniej zmniejszenie ich wydajności. Następne badania, jakie autorzy zaprezentowali w swojej pracy dotyczyły temperatury pracy ogniw dla różnych prędkości strumienia powietrza, a ich wyniki pokazane są na rys. 4b. Eksperyment został przeprowadzony dla trzech prędkości: 1m/s , 3m/s i 5m/s i jak widać na wykresie, efekt chłodzenia w postaci braku wzrostu temperatury wystąpił tylko dla prędkości 3 i 5m/s . Dla prędkości 1m/s temperatura wzrosła podobnie jak w układzie bez wymuszonego przepływu powietrza.



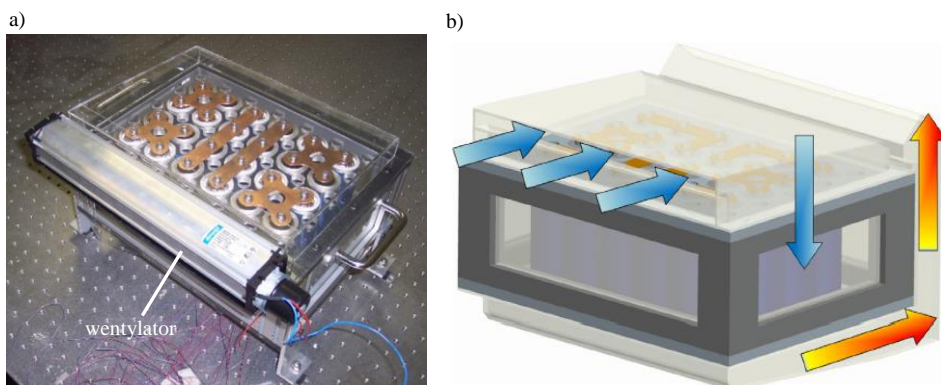
Rys. 4. Wyniki pomiarów wpływu rodzaju wentylacji na temperaturę ogniw:
a) porównanie układu aktywnego i pasywnego, b) badanie temperatury dla różnych prędkości strumienia powietrza [9]

W kolejnej publikacji [4] autorzy zaprezentowali badania dotyczące prędkości przepływu powietrza w pakiecie zawierającym 24 akumulatory Li-ion. Twierdzą oni, że optymalną temperatura pracy ogniw waha się w przedziale 25 °C do 40°C. Do podobnych wniosków doszli też autorzy publikacji [2], przedstawiając zależność mocy możliwej do pobrania z akumulatora od temperatury (rys. 5).



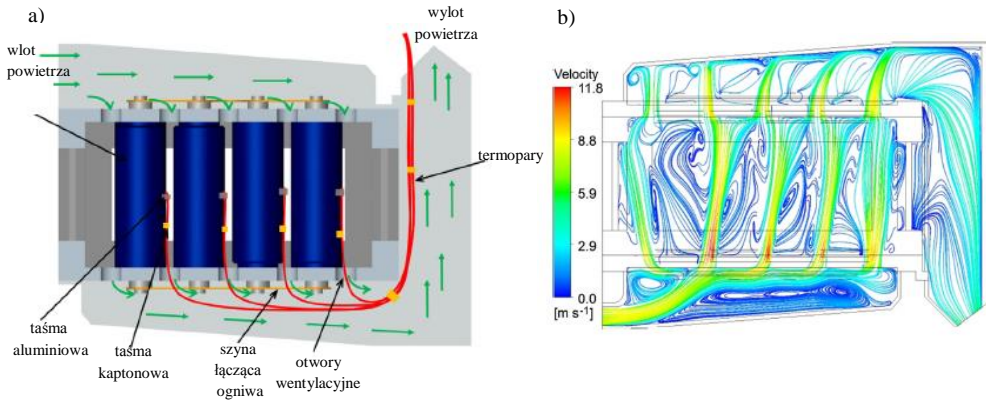
Rys. 5. Zależność możliwej do pobrania z akumulatora mocy od temperatury [2]

Widok badanego pakietu pokazany jest na rys. 6a, natomiast na rys. 6b pokazane są kanały wentylacyjne i sposób przepływu powietrza w obudowie pakietu.



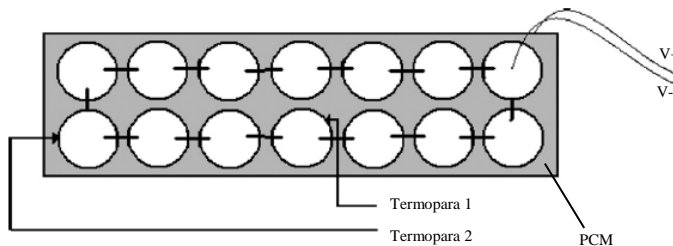
Rys. 6. Pakiet 24 akumulatorów: a) widok, d) przepływ powietrza chłodzącego ogniw [4]

Szczegółowy widok struktury wewnętrznej pakietu pokazany jest na rys. 7. Każde z ogniw owinięte jest taśmą aluminiową w celu lepszego odprowadzania ciepła. Do każdego z ogniw przyklejony jest czujnik temperatury za pomocą samoprzylepnej odpornej na wysokie temperatury i chemikalia taśmy kaptonowej.



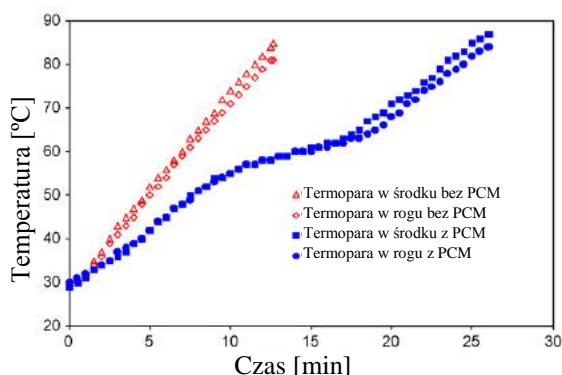
Rys. 7. Szczegółowy widok struktury wewnętrznej pakietu: a) budowa; b) prędkości przepływu powietrza [4]

W artykule [3] autorzy zaproponowali zastosowanie materiału zmiennofazowego (ang. PCM – phase-change material) do odbierania temperatury z przegrzewających się ogniw. Materiały zmiennofazowe są substancjami, które są w stanie absorbować, akumulować i uwalniać dużą ilość energii w zakresie temperatury, lecz w trakcie pochłaniania energii temperatura materiału PCM nie ulega zmianie. Właściwość tę wykorzystuje się również w elektronice do chłodzenia różnego rodzaju układów. Umieszczając akumulatory w matrycy wykonanej z materiału PCM (rys. 8) autorzy chcieli sprawdzić, w jakim stopniu poprawi to chłodzenie w trakcie pracy.



Rys. 8. Matryca z materiału PCM do zamontowania akumulatorów [3]

W wyniku porównania temperatury mierzonej za pomocą 2 termopar, z których jedna umieszczona była w rogu, a druga po środku pakietu autorzy stwierdzili (rys. 9), że podczas chłodzenia za pomocą materiału PCM temperatura ogniw rośnie wolniej, niż w przypadku chłodzenia powietrznego.



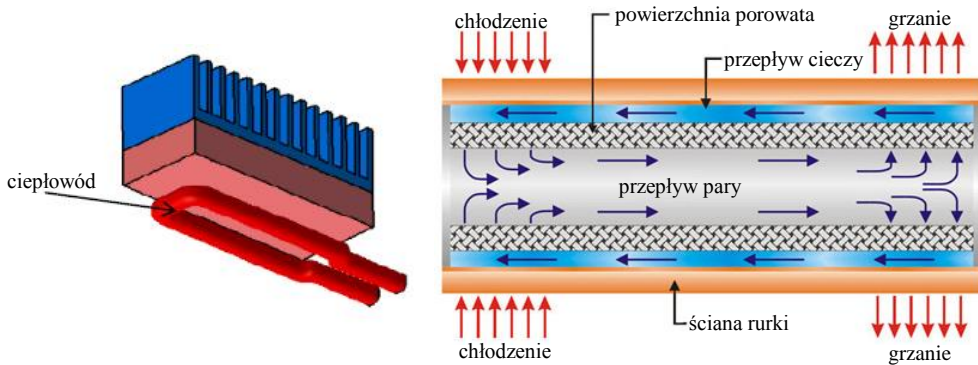
Rys. 9. Porównanie temperatur w układzie chłodzenia z PCM i bez PCM [3]

Podobne badania w odniesieniu do chłodzenia pakietu akumulatorów skutera elektrycznego zamieszczono w publikacji [6]. Lepsze właściwości chłodzące klastra energii osiągnięto w tym przypadku dzięki umieszczeniu akumulatorów w aluminiowej obudowie i wypełnieniu wolnej przestrzeni materiałem PCM, którym był wosk parafinowy o parametrach pokazanych w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry materiału PCM – wosk parafinowy [1]

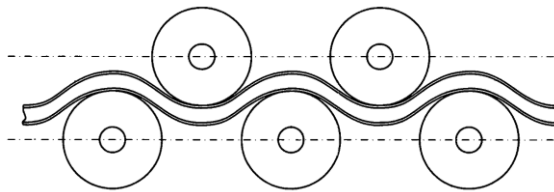
Temperatura topnienia	40-44°C
Ciepło utajone	195 KJ/kg
Pojemność cieplna	1.77 KJ/kgK
Przewodność cieplna	
Faza stała	0.21 W/mK
Faza ciekła	0.29 W/mK
Gęstość	
Faza stała	822 kg/m ³
Faza ciekła	910 kg/m ³

Kolejnym rodzajem układu chłodzenia jest tzw. ciepłowód, zwany inaczej rurką cieplną (ang. *heat-pipe*). Jest to rurka, zazwyczaj miedziana, w której umieszczony jest płyn (rys. 10). Pod wpływem ciepła płyn ten paruje w cieplej części rurki, odbierając przy tym ciepło i ochładzając ją, a następnie skrapla się w zimnej jej części, oddając ciepło. Skroplona ciecz dzięki grawitacji lub zjawisku kapilarnemu przepływa następnie do części gorącej rurki i cykl się powtarza. Dzięki wykorzystaniu zjawiska parowania i skraplania cieczy wewnątrz rurki, układy takie są efektywniejsze niż te, które wykorzystują do odprowadzania ciepła ciała stałe (tzw. radiatory). Ciepłowody najczęściej używane są do chłodzenia komponentów elektronicznych, głównie w komputerach (procesory, pamięci), ale można je także wykorzystać do chłodzenia innych elementów np. ogniw w pakietach zasilających różnego rodzaju pojazdy elektryczne i hybrydowe.



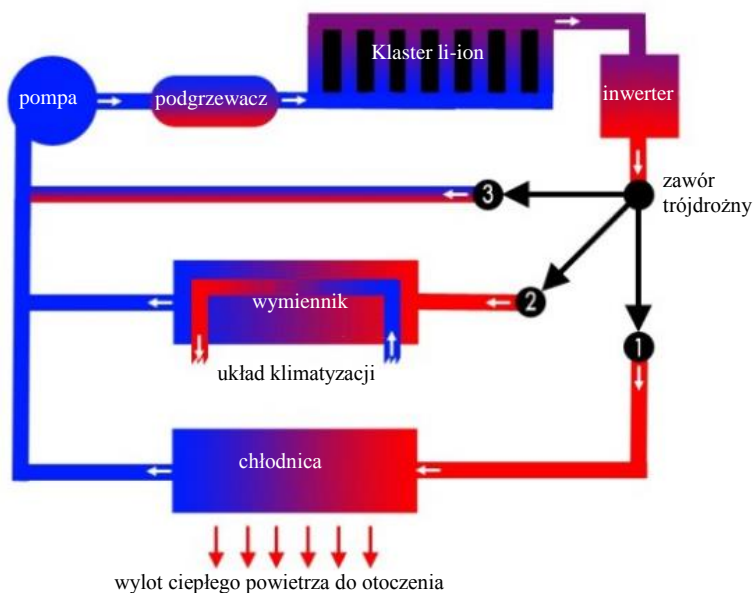
Rys. 10. Budowa (a)[7] i zasada działania (b)[14] ciepłowodu

Rozwiązanie układu chłodzenia z zastosowaniem płaskiego ciepłowodu umieszczonego pomiędzy ogniwami opatentowała i zastosowała firma Tesla Motors [12], a sposób przeprowadzenia ciepłowodu pokazany jest na rys. 11.



Rys. 11. Umieszczenie płaskiego ciepłowodu w układzie chłodzenia opatentowane przez Tesla Motors [12]

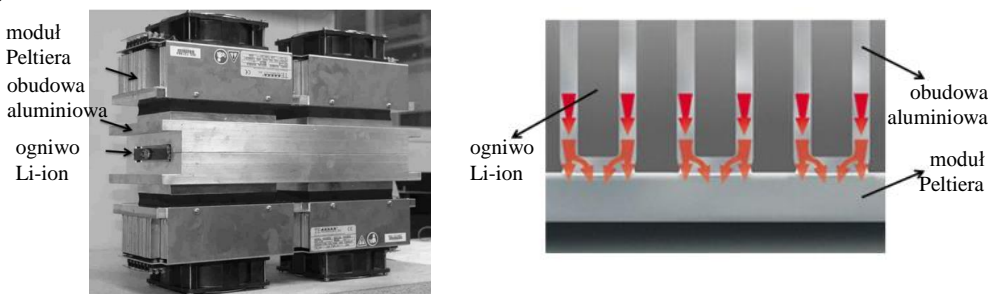
Jedną z firm zajmujących się produkcją układów chłodzenia do pakietów akumulatorów przeznaczonych do przemysłu samochodowego jest GCoreLab [13]. Produkuje ona szeroką gamę różnego rodzaju systemów chłodzenia. W jednym z projektów [19] zaproponowała ona też system, dzięki któremu możliwe jest zarówno podgrzewanie jak i chłodzenie ogniw (rys. 12). Może on znaleźć zastosowanie w branży samochodowej, a jego działanie opiera się na przełączaniu przez zawór kierunku obiegu cieczy chłodzącej w układzie. Przepływ cieczy w układzie wymuszany jest za pomocą pompy. W zależności od potrzeb akumulatory mogą być chłodzone cieczą ochładzaną w chłodnicy (1) lub, w razie konieczności szybszego obniżenia temperatury, ciecz można skierować przez wymiennik schładzany z układu klimatyzacji (2). Gdy zaistnieje potrzeba podgrzewania klastra można użyć podgrzewacza, po przełączeniu zaworu w pozycję (3).



Rys. 12. Układ utrzymywania temperatury ogniw w samochodzie [19]

Nieco inne rozwiązanie zastosowane jest w samochodach elektrycznych Tesla. Występują tam trzy układy chłodzące połączone za pomocą wymiennika, a chłodzenie obejmuje także silnik napędowy [10].

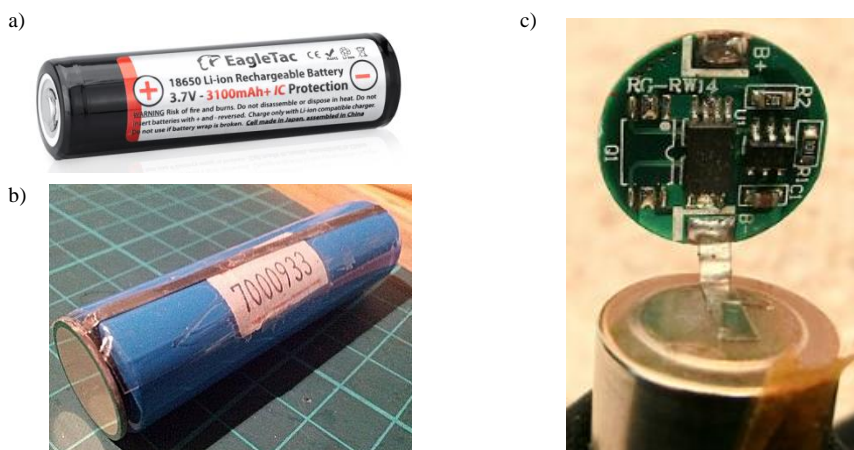
Kolejnym rozwiązaniem układu chłodzenia akumulatorów jonowych może być zastosowanie modułu Peltiera [5, 8]. Jest to element półprzewodnikowy, w którym pod wpływem przepływu prądu jedna ze stron modułu nagrzewa się, a druga ochładza. Przykładowe rozwiązanie takiego układu chłodzenia [5] pokazane jest na rys. 13.



Rys. 13. Chłodzenie ogniw Li-ion za pomocą modułu Peltiera: a) budowa klastra energii; b) droga odprowadzania ciepła [5]

Oprócz wyżej opisanych układów chłodzenia możliwe jest też elektroniczne zabezpieczenie przed zniszczeniem każdego z ogniw klastra osobno. Można w pojedynczym akumulatorze zamontować układ, który chroni ogniwo przed

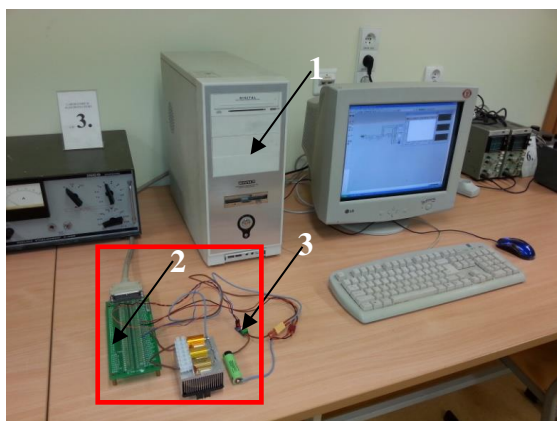
zwarcieniem, nadmiernym naładowaniem i rozładowaniem. Przykładowe ogniwa z zabezpieczeniem pokazane są na rys. 18.



Rys. 14. Akumulatory 18650 z zabezpieczeniem IC: a) widok ogólny [15], b) widok po zdjęciu osłony [16], c) układ zabezpieczający [17]

6. Stanowisko pomiarowe badania rozładowania ogniw Li-ion

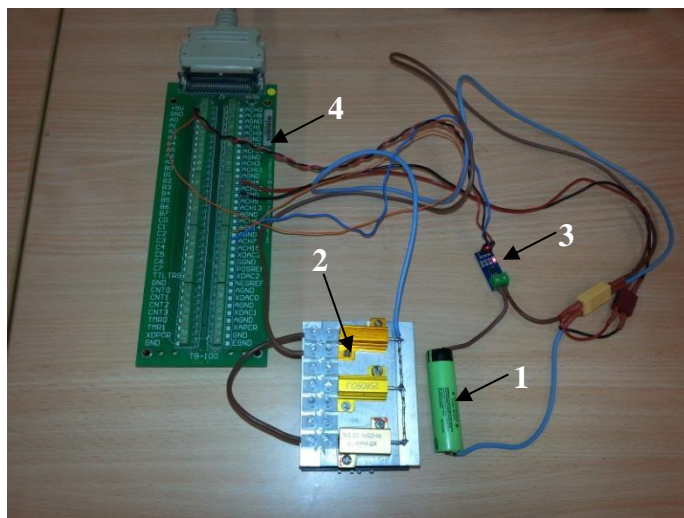
Stanowisko pomiarowe przedstawione na rys. 15 składa się z komputera PC (1) z kartą kontrolno-pomiarową DaqBoard 3001, na którym rejestrowane były przebiegi, terminala przyłączeniowego (2) oraz układu do badania rozładowania ogniw litowych (3).



Rys. 15. Stanowisko pomiarowe ładowania i rozładowania ogniw Li-ion

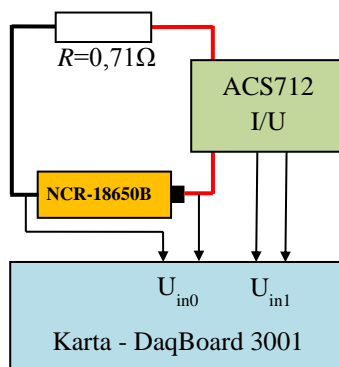
Układ do badań rozładowania ogniw litowych przedstawiony na rys. 16 składa się z badanego ogniwa litowo-jonowego Panasonic NCR-18650B (1), obciążenia

rezystancyjnego (2) oraz z układu pomiaru prądu ACS712-20 (3). Mierzone parametry wprowadzane są do komputera za pomocą konektora (4).



Rys. 16. Układ do badań rozładowania ogniw litowych

Schemat układu do badań rozładowania ogniw litowych przedstawiono na rys. 17.



Rys. 17. Schemat układu do badań rozładowania ogniw litowych

Ogniwo litowo-jonowe Panasonic NCR-18650B przedstawione na rys. 18 jest ogniwem o rozmiarze 18650 i dużej pojemności 3400mAh, i jest to jedno z najpojemniejszych ogniw na rynku. Akumulator może być obciążany prądem chwilowym do 6,8 A lub ciągłym do 4,87 A. Ogniwo to nie posiada elektronicznego zabezpieczenia przed przeładowaniem i głębokim rozładowaniem.

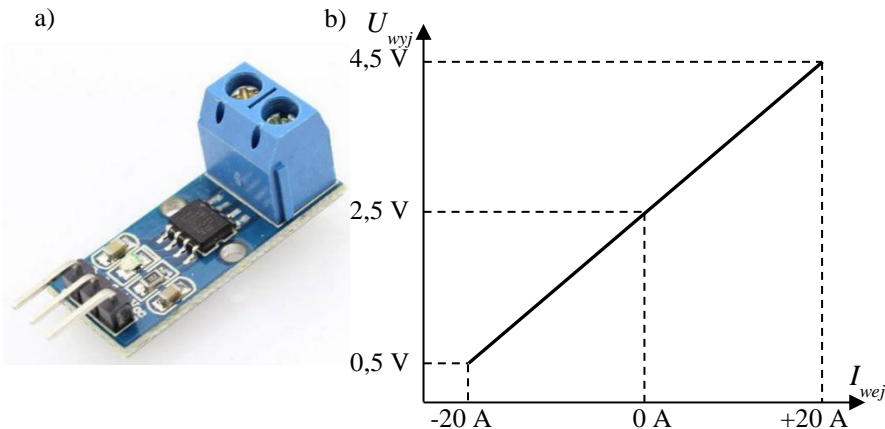
Dane techniczne ogniwa:

producent: Panasonic,
 model: NCR18650B,
 napięcie znamionowe: 3,7 V,
 pojemność: typowa 3350 mAh; minimalna 3250 mAh,
 maksymalne napięcie ładowania: 4,2 V,
 technologia: litowo-jonowa (Li-ion),
 maksymalny prąd ładowania: 1625 mA,
 maksymalny chwilowy prąd rozładowania: 6,8 A,
 maksymalny ciągły prąd rozładowania: 4,87 A,
 wymiary: średnica: 18,5 mm; wysokość: 65,3 mm,
 waga: 47,5 g,
 końcowe napięcie rozładowania: 2,5V,
 żywotność: przy ładowaniu prądem 0,5C oraz rozładowaniu prądem 1C po 500 cyklach osiąga pojemność na poziomie 2900mAh.



Rys. 18. Ogniwo litowo-jonowe Panasonic NCR-18650B

Przedstawiony na rys. 19 układ do pomiaru prądu ACS712-20 działa w oparciu o efekt Halla. Jego zakres pomiarowy wynosi ± 20 A, czułość układu wynosi 100 mV/A. Układ ten zamienia wejściowy prąd przepływający przez obwód na analogowy wyjściowy sygnał napięciowy proporcjonalny do przepływającego prądu. Dla prądu równego 0 A na wyjściu układu występuje napięcie +2,5 V, napięcie na wyjściu rośnie do +4,5 V dla prądu +20 A oraz maleje do +0,5 V dla -20A. Widok i charakterystyka układu ACS712-20 przedstawiona jest na rys. 19.



Rys. 19. Widok i charakterystyka układu ACS712-20 [18]

7. Wyniki pomiarów

Badanie ogniwa litowo-jonowego Panasonic NCR-18650B polegało na rozładowaniu go przy pomocy obciążenia rezystancyjnego w postaci opornika o rezystancji $R=0,71 \Omega$. Rezystancja opornika obciążenia dobrana została tak, aby prąd płynący przez obwód był zbliżony do maksymalnego ciągłego prądu rozładowywania. W trakcie rozładowywania rejestrowano napięcie na ogniwie oraz

prąd przepływający przez obwód (rys. 20). Napięcie początkowe ogniwa wynosiło $U_{start}=4,11$ V i po załączeniu obciążenia spadło do napięcia pracy pod obciążeniem $U_{pracy}=3,8$ V. W trakcie rozładowywania napięcie to malało do napięcia $U_{stop}=2,9$ V, dla którego wyłączono obciążenie. Następnie nadal rejestrowano napięcie na ogniwie bez obciążenia i wzrosło ono do $U_{spoczynku}=3,35$ V po ok. 300 s. Czas pracy ogniwa pod obciążeniem wyniósł $t=2160$ s, co jest równe 0,6 h. Prąd płynący przez obwód w chwili załączenia obciążenia wynosił $I_{start}=5,3$ A i malał do $I_{stop}=4,1$ A do chwili, w której wyłączono obciążenie. Średni prąd w trakcie pracy ogniwa pod obciążeniem obliczany był w czasie rzeczywistym i wyniósł $I_{s_rz}=4,66$ A. W związku z tym, że krzywa i prądu jest funkcją niemal liniową, w uproszczeniu można przyjąć średnią prądu I_s liczoną według wzoru:

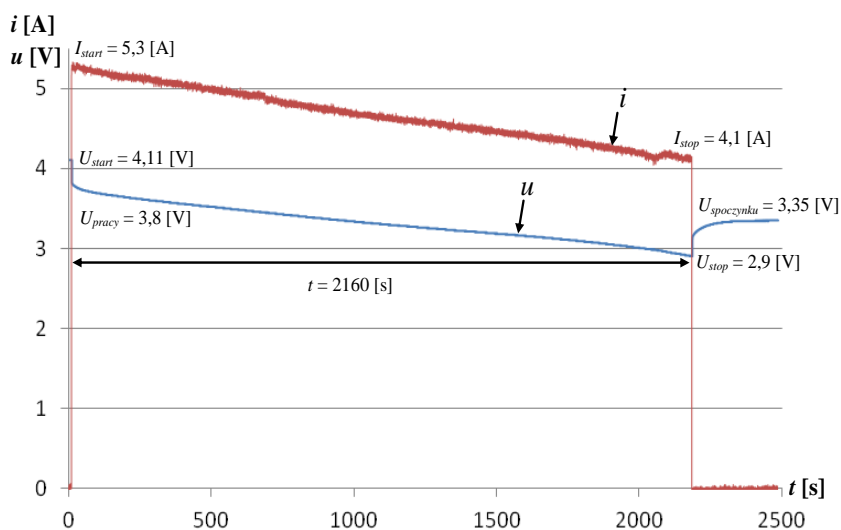
$$I_s = \frac{I_{start} + I_{stop}}{2} = \frac{5,3 \text{ A} + 4,1 \text{ A}}{2} = 4,7 \text{ A},$$

jest to wartość zbliżona do wartości rzeczywistej liczonej w trakcie badania.

Na podstawie zarejestrowanych wartości można obliczyć pojemność Q_p badanego ogniwa korzystając z zależności (8), która w przedstawionym przykładzie wyniosła 2796 mAh.

$$Q_p = 0,6 \text{ h} * 4,66 \text{ A} = 2,796 \text{ Ah} = 2798 \text{ mAh},$$

Jest to wartość mniejsza od nominalnej wartości pojemności podanej przez producenta. Różnica ta może wynikać z niepełnego naładowania ogniwa ponieważ akumulator był ładowany przy pomocy szybkiego ładowania prądem 0,5C. Ogniwo rozładowywane również było do napięcia 2,9 V, a nie do napięcia granicznego 2,5 V co skróciło czas pracy.



Rys. 20. Przebiegi prądu i napięcia podczas rozładowywania akumulatora

8. Zakończenie

W rozdziale zostały przedstawione podstawowe wiadomości dotyczące użytkowania akumulatorów jonowych. Przedstawiono przegląd literatury dotyczący układów zabezpieczających klastry energii przed przegrzaniem. W części dotyczącej badań opisano stanowisko badawcze i przykładowe pomiary prądu i napięcia rozładowania.

W przyszłych badaniach sprawdzone zostaną inne ogniwa, przy różnych prądach ładowania i rozładowywania. Zbadany zostanie również wpływ temperatury na pojemność akumulatora. Badania te są bardzo czasochłonne, ponieważ czas ładowania akumulatora wynosi od ok. 1 godziny do kilku godzin w zależności od wielkości prądu ładowania. Rozładowywanie ogniw również trwa od ok. pół godziny do kilku godzin w zależności od rodzaju obciążenia akumulatora.

Bibliografia

1. Al-Hallaj S., Selman J.R., *Electrochem J.* Soc. 147 (9) 3231–3236.
2. Jiling Li, Zhen Zhu, *Battery Thermal Management Systems of Electric Vehicles*, master's thesis in automotive engineering, Chalmers University Of Technology, Göteborg, Sweden 2014
3. Kizilel R., Lateef A., Sabbah R., Farid M.M., Selman J.R., Al-Hallaj S., *Passive control of temperature excursion and uniformity in high-energy Li-ion battery packs at high current and ambient temperature*, *Journal of Power Sources* 183 (2008) 370–375
4. Lip Huat Saw, Yonghuang Ye, Andrew A.O. Tay, Wen Tong Chong, Seng How Kuan, Ming Chian Yewa, *Computational fluid dynamic and thermal analysis of Lithium-ion battery pack with air cooling*, *Applied Energy* 177 (2016) 783–792.
5. Muratori M., *Thermal characterization of lithium-ion battery cell*, ms thesis, Politecnico di Milano, 2009
6. Siddique A. Khateeb, Mohammed M. Farid, J. Robert Selman, Said Al-Hallaj, *Design and simulation of a lithium-ion battery with a phase change material thermal management system for an electric scooter*, *Journal of Power Sources* 128 (2004) 292–307
7. Thanh-Ha Tran, Souad Harmand, Bernard Desmet, Sebastien Filangi, *Experimental investigation on the feasibility of heat pipe cooling for HEV/EV lithium-ion battery*, *Applied Thermal Engineering* 63 (2014) 551e558
8. Warner J. T., *The Handbook of Lithium-Ion Battery Pack Design: Chemistry, Components, Types and Terminology*, Elsevier, 2015
9. Ziyue Ling, Fangxian Wang, Xiaoming Fang, Xuenong Gao, Zhengguo Zhang, *A hybrid thermal management system for lithium ion batteries combining phase change materials with forced-air cooling*, *Applied Energy* 148 (2015) 403–409
10. *Electric vehicle thermal management system* US 20100025006 A1
11. *Integral battery thermal management* US 20080268333 A1

12. Liquid cooling manifold with multi-function thermal interface US 8263250 B2
13. <http://gcorelab.com/>
14. <http://www.acrolab.com/products/isobars-heat-pipes.php>
15. http://www.eagletac.com/html/accessories/features/et18650_3100mah.html
16. <http://www.gearhack.com/myink/ViewPage.php?file=/docs/Protecting%2018650%20Lithium%20Ion%20Battery>
17. http://www.wikiwand.com/en/Lithium-ion_battery
18. <https://abc-rc.pl/modul-pomiaru-pradu-ac-s712-20a-czujnik#axzz4ZiRZlk8A>
19. <https://www.extremetech.com/electronics/154065-new-tech-cools-batteries-50-80-more-than-liquid-cooling>

Streszczenia

BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z NANOMATERIAŁAMI

Marcin Topczak, Maria Kowal

Streszczenie: Nanomateriały stały się nowoczesnymi materiałami inżynierskimi. Niekonwencjonalne właściwości wykorzystywane są w wielu dziedzinach nauki, na przykład w medycynie, farmakologii, kosmetologii. Praca z nanomateriałami niesie ryzyko dla zdrowia, w szczególności niekontrolowany kontakt z nanoproszkami, które najłatwiej dostają się do organizmu poprzez układ oddechowy. Rozwój nanotechnologii powinien nieść ze sobą badania z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy.

Słowa kluczowe: biogodność, fagocytoza, nanocząstki, nanokryształy, nanoproszki, nanorurki, nanowłókna, pasywacja, ryzyko, toksyczność.

SAFETY OF WORK WITH NANOMATERIALS

Abstract: Nanomaterials are modern materials used in engineering. Its unconventional qualities are used in many areas of science, for example in medicine, pharmacology, cosmetology. However, using nanomaterials can be potentially dangerous for health, especially uncontrolled contact with nanopowders, that can get into humans body via respiratory system. Development of nanotechnology should go in pair with extensive research, mainly involving the area of occupational health and safety.

Key words: biocompatibility, phagocytosis, nanoparticles, nanocrystals, nanopowders, nanotubes, nanofibres, passivation, risk, toxicity.

OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO NA STANOWISKU LISTONOSZA

Mariola Tylawska, Waldemar Uździcki

Streszczenie: W rozdziale opisano specyfikę pracy na stanowisku listonosza. Omówiono pojęcie ryzyka zawodowego i metody jego oceny. Przedstawiono charakterystykę stanowisk pracy na poczcie, podstawowe zagrożenia i sposoby zapobiegania im. W końcowej części pisano też wybrane wypadki z udziałem listonoszy.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka zawodowego, listonosz

RISK ASSESSMENT IN THE MAILMAN PROFESSION

Abstract: In this chapter specificity of the mailman job is described. The occupational hazards concept and methods of evaluation are discussed. Characteristics of the job at the post office, the basic threats and ways of preventing them are presented. On the end part selected accidents involving mailmen are described.

Key words: risk assessment, mailman

PROCEDURA MSA W ZASTOSOWANIACH INŻYNIERSKICH

Patrycja Senkowska, Marek Sałamaj

Streszczenie: Niniejszy rozdział zawiera szczegółowe informacje dotyczące procedury oceny MSA wiarygodności oraz poprawności funkcjonowania weryfikowanego systemu bądź urządzenia pomiarowego. Jest to procedura, której efektem końcowym jest potwierdzenie lub nie przydatności sprawdzanego rozwiązania pomiarowego do wykorzystania go w zastosowaniach inżynierskich.

Słowa kluczowe: procedura MSA, systemy pomiarowe, urządzenia pomiarowe

THE MSA PROCEDURE IN THE ENGINEERING APPLICATIONS

Abstract: This article contains specific information about the MSA procedure. In this case, the MSA procedure concerns theory and guidelines of the Measurement Systems Analysis (MSA). MSA is a specially designed experiment that seeks to identify the components of variation in the engineering measurement.

Key words: MSA procedure, measuring systems, measuring devices

BUDOWA I STEROWANIE ROBOTA MOBILNEGO DO PRZENOSZENIA SUBSTANCJI NIEBEZPIECZNYCH

Grzegorz Kucia, Paweł Pyż, Paweł Bachman

Streszczenie: W pracy opisano główne zadania, jakie stawiane są robotom stosowanym w ratownictwie. Przedstawiono budowę mechaniczną i układ sterowania robota. W sterowaniu użyto Arduino, żyroskop MPU6050, moduł bluetooth

XM-15B SPP oraz telefon z systemem Andriod. Końcowa część rozdziału zawiera opis możliwości technicznych robota.

Słowa kluczowe: robot mobilny, substancje niebezpieczne, budowa, sterowanie, Android

CONSTRUCTION AND CONTROL OF MOBILE ROBOT TO CARRY DANGEROUS SUBSTANCES

Abstract: In this work the main tasks to be undertaken by robots used in the rescue are shown. The robot's mechanical construction and control system is presented. In the control Arduino, gyroscope MPU6050, bluetooth module XM-15B SPP and mobile phone with system Andriod were used. The final part of this chapter describes the technical possibilities of the robot.

Key words: mobile robot, dangerous substances, construction, control, Android

ANALIZA WARUNKÓW PRACY OGNIW LI-ION W KLASTRACH ENERGII

Chciuk Marcin, Bachman Paweł

Streszczenie: W pracy przedstawiono podstawowe parametry ogniw li-ion. Opisano ładowanie, budowę, rodzaje, sposoby łączenia i parametry ogniw. Następnie pokazano różne przykłady układów utrzymania odpowiedniej temperatury ogniw. W końcowej części opisano stanowisko pomiarowe badania prądu rozładowania ogniw oraz przedstawiono wyniki pomiarów.

Słowa kluczowe: li-ion, prąd ładowania, utrzymywanie temperatury pracy

ANALYSIS OF LI-ION BATTERY POWER SYSTEMS WORKING CONDITIONS

Abstract: This paper presents basic parameters of the li-ion battery. Charging, construction, types, ways to connect and parameters of battery have been highlighted. Then various examples of thermal management systems are shown. In the last part of this article research equipment for the battery discharge current measurement and the results of measurements are presented.

Key words: li-ion, charging current, thermal management

Informacje o autorach (w kolejności alfabetycznej)

Bachman Paweł

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
e-mail: P.Bachman@iibnp.uz.zgora.pl

Chciuk Marcin

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
e-mail: M.Chciuk@iibnp.uz.zgora.pl

Kowal Maria

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
e-mail: M.Kowal@iibnp.uz.zgora.pl

Kucia Grzegorz

Student kierunku Bezpieczeństwo i Higiena Pracy
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
e-mail: grzech07@interia.pl

Pyż Paweł

Student kierunku Bezpieczeństwo i Higiena Pracy
Wydział Mechaniczny
Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy
e-mail: pyz.pawel@gmail.com

Salamaj Marek

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Mechaniczny
Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
e-mail: M.Salamaj@iizp.uz.zgora.pl

Senkowska Patrycja

Absolwentka

Uniwersytet Zielonogórski

Wydział Mechaniczny

Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją

e-mail: PatrycjaSenkowska@gmail.com

Topczak Marcin

Student kierunku Bezpieczeństwo i Higiena Pracy

Wydział Mechaniczny

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy

e-mail: m.topczak@wp.pl

Tylawska Mariola

Studentka kierunku Bezpieczeństwo i Higiena Pracy

Wydział Mechaniczny

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy

Uździcki Waldemar

Uniwersytet Zielonogórski

Wydział Mechaniczny

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy

e-mail: w.uzdzicki@iibnp.uz.zgora.pl

Węgrzyn Zbigniew

Uniwersytet Zielonogórski

Wydział Mechaniczny

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Nauk o Pracy

e-mail: Z.Wegrzyn@iibnp.uz.zgora.pl



ISBN 978-83-941516-3-8