

## Spis treści

<b>STRESZCZENIE.....</b>	<b>3</b>
<b>WSTĘP.....</b>	<b>4</b>
<b>1. BUDOWA UKŁADU HAMULCOWEGO SAMOCHODU BADAWCZEGO.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Schemat.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Zasada działania.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Opis elementów składowych.....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Urządzenie wspomagające.....	6
1.3.2. Pompa hamulcowa.....	7
1.3.3. Zaciski.....	8
1.3.4. Tarcze hamulcowe.....	9
1.3.5. Przewody hamulcowe.....	9
<b>2. PROCEDURA OBLICZEŃ KONSTRUKCYJNYCH HYDRAULICZNEGO</b>	
<b>UKŁADU HAMULCOWEGO.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Siły działające na pojazd podczas hamowania.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Obliczenie siły hamowania.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Rozdział siły hamowania na osie pojazdu.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. Obliczenia mechanizmów hamujących.....</b>	<b>14</b>
2.4.1. Siły działające na tarczę hamulcową.....	14
2.4.2. Średnica tarczy hamulcowej.....	15
2.4.3. Masa tarczy hamulcowej.....	17
2.4.4. Grubość tarczy hamulcowej.....	18
<b>2.5. Obliczenia mechanizmów uruchamiających hamulce.....</b>	<b>20</b>
2.5.1. Średnica tłoczka w zacisku hamulca.....	20
2.5.2. Średnica tłoczka w pompie hamulcowej.....	22
2.5.3. Skok pedału hamulca.....	23
<b>3. OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE HYDRAULICZNEGO UKŁADU HAMULCOWEGO.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Dane samochodu.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. Siły działające na pojazd podczas hamowania.....</b>	<b>29</b>
<b>3.3. Siła hamowania.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4. Rozdział siły hamowania.....</b>	<b>30</b>
3.4.1. Obliczenia.....	30
3.4.2. Sprawdzenie poprawności obliczeń.....	31
<b>3.5. Obliczenia mechanizmów hamujących.....</b>	<b>33</b>
3.5.1. Średnica tarczy hamulcowej.....	33
3.5.2. Masa tarczy hamulcowej.....	36
3.5.3. Grubość tarczy hamulcowej.....	38

## Spis treści

<b>3.6. Obliczenia mechanizmów uruchamiających hamulce.....</b>	<b>49</b>
3.6.1. Średnica tłoczka w zacisku hamulca.....	49
3.6.2. Średnica tłoczka w pompie hamulcowej.....	50
3.6.3. Skok pedału hamulca.....	51
<b>3.7. Wyniki obliczeń.....</b>	<b>55</b>
<b>3.8. Optymalizacja.....</b>	<b>56</b>
<b>4. WERYFIKACJA EKSPERYMENTALNA OBLICZEŃ KONSTRUKCYJNYCH.....</b>	<b>58</b>
<b>4.1. Eksperyment badawczy.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2. Obiekt badawczy.....</b>	<b>60</b>
<b>4.3. Aparatura pomiarowa.....</b>	<b>61</b>
4.3.1. Aparatura firmy dSpace.....	61
4.3.2. Czujnik „V1”.....	63
4.3.3. Pirometr.....	65
4.3.4. Pozostałe czujniki.....	66
<b>4.4. Wyniki pomiarów.....</b>	<b>67</b>
4.4.1. Temperatura tarcz.....	67
4.4.2. Ciśnienie hamowania, siła nacisku na pedał hamulca.....	67
4.4.3. Prędkość samochodu, opóźnienie hamowania, ciśnienie hamowania, siła nacisku na pedał hamulca.....	68
<b>4.5. Analiza wyników pomiarów.....</b>	<b>70</b>
<b>4.6. Porównanie z wynikami obliczeń teoretycznych.....</b>	<b>71</b>
4.6.1. Porównanie wymiarów układu hamulcowego.....	71
4.6.2. Porównanie parametrów otrzymanych w eksperymencie.....	72
<b>5. PODSUMOWANIE.....</b>	<b>84</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>86</b>

## **STRESZCZENIE**

Niniejsza praca dotyczy układu hamulcowego samochodu osobowego uruchamianego hydraulicznie o tarczach hamulcowych w kołach osi przedniej i tylnej. Za wzorzec do obliczeń i przedmiot sprawdzenia przyjęto samochód osobowy BMW model 325i o nadwoziu typu coupé i oznaczeniu fabrycznym E36.

Pierwszy rozdział jest opisem budowy i zasady działania układu hamulcowego wspomnianego pojazdu. W rozdziale drugim zajęto się przygotowaniem procedury pozwalającej obliczyć istotne ze względu na działanie wymiary układu hamulcowego. Z kolei w następnym rozdziale przeprowadzono obliczenia układu hamulcowego dla wybranego pojazdu. Uzasadniono dobór wybranych parametrów. Na końcu dokonano oceny tych wyników i zdecydowano się na wprowadzenie zmian wymiarów. W kolejnym rozdziale zajęto się weryfikacją eksperymentalną procedury, na podstawie której prowadzono obliczenia. Weryfikacja miała charakter zarówno porównawczy jak i badawczy. Wnioski jak i wyniki wykonanej pracy zawarto w podsumowaniu.

## **WSTĘP**

W pracy zostaną wyjaśnione sposoby obliczania wymiarów hydraulicznego układu hamulcowego. Obliczenia będą opierały się o obowiązujące prawa fizyki, zależności geometryczne, praktyki stosowane w obliczaniu, a także o ogólnodostępne wyniki badań.

Wiedza na temat obliczeń układu hamulcowego jest rozproszona i nie potwierdzona wynikami badań. Potrzeba stworzenia tej pracy bierze się z zebrania i uporządkowania wiedzy na temat obliczania układu hamulcowego jak i potwierdzenia metod obliczeniowych. Celem głównym pracy jest odpowiedź na pytanie czy tak prowadzone obliczenia mają sens i w jakim stopniu pasują one do rzeczywistości. Celem pobocznym jest przygotowanie procedury obliczeniowej, badawczej jak i dokonanie porównania. Do zakresu pracy zaliczono układy hamujące jak i uruchamiające hamulce. Na wstępie zajęto się poznaniem przedmiotu obliczeń.