

Paweł „Sariel” Kmieć

NIEOFICJALNY PRZEWODNIK KONSTRUKTORA LEGO® TECHNIC

Przekład: Maria Chaniewska

APN Promise, Warszawa 2013



szczegółowy spis treści

słowo wstępne	xv
przedmowa	xvii
podziękowania	xviii

CZĘŚĆ I PODSTAWY

1	
podstawowe pojęcia	3
prędkość	3
moment obrotowy	3
moc	3
tarcie	4
pryczepność	4
opór toczenia	4
luz	5
sprawność	5
pojęcia dotyczące pojazdów	5
wał napędowy	6
układ napędowy	6
przeniesienie napędu	6
kąt skrętu	6
promień skrętu	6
rodzaje napędów	7
rozkład masy	7
środek ciężkości	7
prześwit	8
2	
podstawowe jednostki i części	9
klocek Technic	9
piny do łączenia i obracania	10
belki – alternatywa bez studów	12
połowa studa jako minimalna jednostka konstrukcyjna	14
dwa triki – konstruowanie co pół studa	15
3	
ze studami czy bez?	17
ewolucja LEGO	17
budowanie ze studami	18
wzmacnianie konstrukcji ze studami	19
zalety konstrukcji ze studami	20
wady konstrukcji ze studami	20

budowanie bez studów	20
tworzenie sztywnych połączeń bez studów	21
zalety konstrukcji bez studów	22
wady konstrukcji bez studów	23
łączenie technik	23
czerpanie inspiracji z zestawów Technic	24
metody łączenia klocków i belek	27
parzyste a nieparzyste	28

4

osie, nakładki i przeguby	31
osie	31
osie standardowe	32
osie zmodyfikowane	33
osie elastyczne	34
nakładki	35
nakładka $\frac{1}{2}$	35
nakładka zwykła	37
nakładka z pinem długim	37
przeguby Cardana	38

CZĘŚĆ II MECHANIKA

5

koła zębate i podstawy przenoszenia mocy	43
koła napędzające, napędzane i pośredniczące	44
przełożenia	45
sprawność a koła zębate	46
luz a koła zębate	47
określanie kierunku obrotu	47
rodzaje kół zębatych	48
przekładnia ślimakowa	48
koło zębate z 8 zębami	49
koło zębate stożkowe jednostronne z 12 zębami	50
koło zębate stożkowe dwustronne z 12 zębami	50
koło zębate z 14 zębami	50
koło zębate z 16 zębami	50
koło zębate z 16 zębami i sprzęgłem	50
koło zębate stożkowe jednostronne z 20 zębami	51
koło zębate stożkowe jednostronne z 20 zębami i otworem okrągłym	51
koło zębate stożkowe dwustronne z 20 zębami	51
koło zębate z 24 zębami	52
Koło zębate z 24 zębami i sprzęgłem	52
koło zębate z 24 zębami i koroną	53
koło zębate z 36 zębami	53
koło zębate z 40 zębami	53
obudowy dyferencjału	53

obrotnice	54
knob	55
koło zębate z zestawu Hailfire Droid	55
wycofane koła zębate	56
6	
łańcuchy i krążki	57
łańcuchy	57
krążki	59
wielokrążki	61
wielokrążek zwykły	62
wielokrążek różnicowy	63
wielokrążek potęgowy	65
7	
dźwignie i prostowody	67
dźwignie	67
klasy dźwigni	68
od dźwigni do prostowodów	69
prostowody	71
prostowód Czebyszewa	73
prostowód Hoekena	73
pantograf	73
komórka Peaucelliera–Lipkina	74
prostowód Sarrusa	74
prostowód Scotta-Russella	75
mechanizm nożycowy	75
prostowód Watta	76
8	
rozwiązania mechaniczne własnej konstrukcji	77
mocniejszy dyferencjał	77
blokada dyferencjału	78
dyferencjał własnej konstrukcji	79
oś z blokadą dyferencjału	81
mechanizmy zębatkowo-zapadkowe	82
sprzęgła liniowe	83
mechanizmy mimośrodowe	84
mechanizmy jarzmowe	85
mechanizm jarzmowy	86
łączniki Oldhama	87
łącznik Oldhama	87
łączniki Schmidta	88
silniki krokowe	88
mechanizm maltański	89
mechanizm maltański	90
światła cofania	90
migacze	91

kierunkowskazy	92
złożone kierunkowskazy	94
przenoszenie napędu dwiema osiami przez obrotnicę	96
przenoszenie napędu przez dwie osie i obrotnicę	97
mocny przegub Cardana	101
przegub Cardana	101

9

system pneumatyczny LEGO	103
stary system	103
nowy system	104
przegląd części pneumatycznych	105
pompa pneumatyczna (stary system)	105
pompa pneumatyczna (nowy system)	105
mała pompa pneumatyczna (nowy system)	106
blok rozdzielczy (stary system)	106
zawór ze studami	106
zawór bez studów (nowy system)	107
duży siłownik (stary system)	107
siłownik 6L (stary system)	107
mały siłownik (nowy system)	108
duży siłownik z podstawą kwadratową (nowy system)	108
duży siłownik z podstawą okrągłą (nowy system)	108
rurki i przewody pneumatyczne	108
trójnik (stary system)	109
trójnik (nowy system)	110
złącze przewodów z otworem krzyżowym (nowy system)	110
klamra do siłowników	110
zbiornik powietrza	111
manometr	112
modyfikacje systemu pneumatycznego	112
przewody nie produkowane przez firmę LEGO	112
zbiorniki powietrza nie produkowane przez firmę LEGO	112
usuwanie sprężyn, aby utworzyć kompresory zasilane	113
zawieszania pneumatyczne	113
zamiana systemu pneumatycznego w hydrauliczny	113

10

urządzenia pneumatyczne	115
kompresory napędzane silnikiem elektrycznym	115
 kompresor kołyszący	118
zawory sterowane silnikiem elektrycznym	119
zawór automatyczny	120
 zawór sterowany silnikiem elektrycznym	121
 zawór automatyczny	122
automatyczny przełącznik ciśnieniowy	123
silniki pneumatyczne	124
 silnik jednocylindrowy	125

silnik pneumatyczny dwucylindrowy	128
silnik pneumatyczny dwucylindrowy z suwakami	131
prezentacja konstruktora	135
działająca ciśnieniowa pompa wodna	135
11	
solidne konstrukcje	137
przyczyny rozłączania się części	137
znajdowanie słabych ogniw	138
wyznaczanie miejsc wzmocnień	138
właściwe sposoby wzmocniania	140
zasady wzmocniania	142
wzmocnione obejmy dyferencjału	144
cztery wzmocnione obejmy dyferencjału	145
wzmocnione obejmy przekładni ślimakowej	149
trzy wzmocnione obejmy przekładni ślimakowej	150
struktury nośne	151
podłużnice, podwozia i ramy	151
kratownice	154
wybór właściwej kratownicy	157
wybieranie najmocniejszych części	159

CZĘŚĆ III SILNIKI

12	
przegląd silników LEGO	163
2838, pierwszy silnik 9V	164
71427, popularny i mocny silnik 9V	165
43362, lżejszy silnik 9V	165
47154, silnik 9V w półprzezroczystej obudowie	166
Micromotor	166
silnik NXT	167
silnik E systemu Power Functions	167
silnik Medium (M) systemu Power Functions	168
silnik L systemu Power Functions	168
silnik XL systemu Power Functions	169
silnik Servo systemu Power Functions	169
silnik RC	170
13	
system LEGO Power Functions	171
ręczne sterowanie silnikami	171
zdalne sterowanie silnikami	172
źródła zasilania	174
pojemnik na baterie AA	174
pojemnik na baterie AAA	174
akumulator	175

odbiornik	175
piloty	176
pilot podstawowy	177
pilot z regulacją prędkości	177
modyfikacje pilotów	177
pilot podstawowy z kierownicą	178
pilot podstawowy z dźwignią na boki	179
pilot kontroli prędkości z centralną kierownicą	181
siłowniki liniowe	183
siłownik liniowy duży	183
siłownik liniowy mały	185
siłowniki liniowe a elementy pneumatyczne	185
kable przedłużające	186
różne elementy	187
przełącznik	187
diody świecące	187

CZĘŚĆ IV MECHANIKA ZAAWANSOWANA

14

układy kierownicze pojazdów kołowych	191
podstawowe układy kierownicze LEGO	191
układ kierowniczy z centrowaniem	194
geometria skrętna Ackermanna	195
proste ramię skrętne z geometrią Ackermanna	198
zbieżność osi	199

15

układy zawieszenia pojazdów kołowych	203
osie napędzane	203
układy zawieszenia: koncepcja i kategorie	204
rodzaje zawiesznień	205
niezależne zawieszenie o dwóch wahaczach poprzecznych	206
zawieszenie typu Tatra	207
zawieszenie kolebkowe	208
zawieszenie z wahaczami wleczonymi (zawieszenie osi pływającej)	209
osie kierowane i zawieszane	210
zawieszenie kolebkowe z obrotnicami	210
stabilizowane zawieszenie kolebkowe	211
osie portalowe (zwolnice)	213
stabilizowane zawieszenie kolebkowe z osią portalową	214
zawieszenie typu Tatra stabilizowane czterema amortyzatorami	217
zawieszenie niezależne	220
oś pływająca z czterema cięgnami	222
osie sterowane i zawieszane	225
kolebkowa oś kierowana	225
niezależna oś kierowana	226

osie napędzane, kierowane i zawieszane	227
oś niezależna	227
wzmocniona portalowa oś kolebkowa	230
oś kolebkowa z przekładnią ślimakową	236
16	
pojazdy i zawieszania gąsienicowe	241
gąsienice gumowe	241
gąsienice plastikowe	242
układy kół w pojazdach gąsienicowych	244
układy zawieszania	246
wózki	246
zawieszenie z wahaczami wleczonymi na amortyzatorach	247
zawieszenie z wahaczami wleczonymi na drążkach skrętnych	248
eksperymentowanie z kołami jezdnyymi	249
17	
skrzynie biegów	251
typy skrzyń biegów	251
działanie pierścieni skrzyni biegów LEGO	252
projekty skrzyń biegów	254
2-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	254
2-biegowa sekwencyjna mocna skrzynia biegów	254
2-biegowa skrzynia biegów z silnikiem RC	255
2-biegowa obiegowa skrzynia biegów	255
2-biegowa zapadkowa skrzynia biegów	256
3-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	256
4-biegowa skrzynia biegów z dwiema dźwigniami	257
4-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	257
5-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	258
10-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	259
bezstopniowa skrzynia biegów	260
skrzynie rozdzielcze	260
2-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	261
2-biegowa sekwencyjna mocna skrzynia biegów	262
2-biegowa skrzynia biegów z silnikiem RC	264
2-biegowa obiegowa skrzynia biegów	266
2-biegowa zapadkowa skrzynia biegów	267
3-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	268
4-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	270
10-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	271
bezstopniowa skrzynia biegów	276
18	
sumatory i subtraktory	277
sprzęganie na sztywno	277
sprzęganie silników przy użyciu sumatorów	277
sumowanie momentu obrotowego za pomocą sumatora	277
dodawanie większej liczby silników niż dwa	280

subtraktory	280
powody do używania subtraktora	281
subtraktor wzdłużny	282
subtraktor wzdłużny	283
subtraktor poprzeczny	288
subtraktor poprzeczny	289
subtraktor poprzeczny bez studów	291

CZĘŚĆ V MODELE

19		
forma kontra funkcjonalność		295
samochody		295
ciężarówki		296
motocykle		299
pojazdy gaśnicowe		299
modele lotnicze		302
samoloty		302
helikoptery		302
20		
skalowanie modelu		307
schematy		307
punkty odniesienia		309
skalowanie		309
21		
proces modelowania		315
rozmiar ma znaczenie		315
koła		316
inne okrągłe elementy		319
kolory		319
diabeł tkwi w szczegółach		320
budowanie pod dziwnymi kątami		321
budowanie z głową		323
kolejny krok: sterowanie modelami		323
poślowie		325
indeks		326

przedmowa

Książka, którą trzymasz w rękach, powstała dość okrężną drogą. To pewnego rodzaju znak czasów, że została pierwotnie napisana po angielsku przez Polaka i wydana w Stanach Zjednoczonych, zanim staraniem polskiego wydawcy wróciła do kraju pochodzenia. Polska edycja jest efektem przekładu powstałego prawie rok po wydaniu oryginału, dzięki czemu pozbawiona jest kilku błędów drukarskich i drobnych nieaktualności.

Założeniem niniejszej książki było przekazanie całej wiedzy o budowaniu z LEGO Technic, jaką zebrałem w ciągu wielu lat tworzenia z użyciem tego medium. W trakcie pracy nad nią konieczne było pewne okrojenie materiału dla zachowania rozsądnej objętości, co na szczęście udało się zrobić, pomijając tylko informacje mało uniwersalne i dotyczące wycofanych już z produkcji elementów. Wiedza, którą tu znajdziesz, została zebrana z myślą o współczesnych konstruktorach, którzy mają dostęp do najnowszych zestawów LEGO Technic, ale obejmuje także wiele zestawów i elementów już historycznych. Bez względu na to, czy dopiero zaczynasz przygodę z klockami, czy też wracasz do nich po latach, z pewnością znajdziesz tu coś dla siebie.

Zachęcam, aby nie poprzestawać na wiedzy tu zebranej – zabawa z klockami obejmuje wiele innych tematów, których nie byłem w stanie zawrzeć w tej książce. Na szczególną uwagę zasługuje duża liczba elementów, które nie mają odpowiedników wśród produkowanych dziś części, a także zestawy LEGO MINDSTORMS i NXT, pozwalające zgłębiać tajemnice robotyki, którym poświęcono wiele odrębnych książek.

Pisząc tę książkę, zdecydowałem się pójść pod prąd zasadom, jakie znamy z oficjalnych zestawów LEGO. Zamiast zebrać tu gotowe instrukcje bez słowa wyjaśnienia, jak działa dany mechanizm, starałem się wyposażać Czytelnika w narzędzia pomocne w rozpoczęciu własnej przygody z LEGO Technic. Temu właśnie celowi służą kolejne rozdziały objaśniające rodzaje i zastosowania podstawowych elementów, aby następnie móc wejść w świat coraz bardziej skomplikowanych mechanizmów i zgłębiać wyzwania wiążące

się z budową własnych modeli. Dużo uwagi poświęciłem mechanizmom składowym, takim jak skrzynie biegów czy systemy zawieszenia, tak byś mógł łatwo wykorzystać je w swoich konstrukcjach. Podczas gdy zestawy LEGO zawierają kompletne instrukcje pozbawione jakichkolwiek objaśnień, ta książka stara się być ich dokładną odwrotnością. A to dlatego, że moim zdaniem najwięcej przyjemności daje własna kreatywność uwolniona dzięki klockom LEGO, a nie wykonywanie krok po kroku wymyślonej przez kogoś instrukcji.

W książce tej znajdziesz dziesiątki konstrukcji, z których żadna nie jest tak naprawdę wersją ostateczną – zawsze istnieje możliwość przeróbek i poprawek. Niektóre z przedstawionych tu mechanizmów celowo korzystają z podstawowych części LEGO z myślą o osobach, których kolekcja klocków jest niewielka. Mając nowsze, bardziej wyspecjalizowane części możesz z łatwością dokonać ulepszeń. Jeśli zaś nie masz zbyt wielu klocków do wykorzystania, pamiętaj, że ograniczenia często pobudzają do kreatywnego myślenia.

Niniejsza książka używa nazw i numerów części, a także nazw kolorów z katalogu serwisu BrickLink.com. Katalog ten należy do największych i najbardziej aktualnych, a jednocześnie służy jako wirtualny rynek, na którym sprzedawcy z całego świata wystawiają swoje klocki. Każda część, jaką znajdziesz w tym katalogu, może zostać zakupiona paroma kliknięciami i dostarczona w dowolne miejsce.

Mam nadzieję, że ta książka spełni Twoje oczekiwania. Pamiętaj jednak, że ma ona jedynie dać Ci narzędzia pomocne w samodzielnym tworzeniu – od Ciebie zależy, jak je wykorzystasz. Klocki LEGO – jak mało które inne medium – pozwalają doświadczyć radości tworzenia, która sprawia, że nawet najfajniejszy zestaw LEGO nie daje takiej satysfakcji, jak zbudowanie samemu czegoś zupełnie nowego i działającego dokładnie tak, jak chciałeś.

Życzę Ci jak najwięcej tej radości.

