

Paweł „Sariel” Kmieć

NIEOFICJALNY PRZEWODNIK KONSTRUKTORA LEGO® TECHNIC

WYDANIE DRUGIE

Przekład: Maria Chaniewska

APN Promise, Warszawa 2018



skrócony spis treści

przedmowa	xvii
podziękowania.....	xviii
gdzie kupić części LEGO	xix
część I podstawy	
rozdział 1 podstawowe pojęcia.....	3
rozdział 2 podstawowe jednostki i części	11
rozdział 3 ze studami czy bez?	21
rozdział 4 osie, nakładki i przeguby.....	35
rozdział 5 koła.....	45
część II mechanika	
rozdział 6 koła zębate i podstawy przenoszenia mocy	55
rozdział 7 łańcuchy i krążki.....	71
rozdział 8 dźwignie i prostowody	81
rozdział 9 rozwiązania mechaniczne własnej konstrukcji.....	91
rozdział 10 system pneumatyczny LEGO	117
rozdział 11 urządzenia pneumatyczne.....	131
rozdział 12 solidne konstrukcje	155
Część III silniki	
rozdział 13 przegląd silników LEGO	183
rozdział 14 system LEGO Power Functions	193
rozdział 15 System RC.....	211
część IV mechanika zaawansowana	
rozdział 16 układy kierownicze pojazdów kołowych	219
rozdział 17 układy zawieszenia pojazdów kołowych.....	237
rozdział 18 pojazdy i zawieszenia gąsienicowe	285
rozdział 19 skrzynie biegów.....	299
rozdział 20 sumatory i subtraktory	333
rozdział 21 przekładnie obiegowe planetarne	349
rozdział 22 Druk 3D	355
część V modele	
rozdział 23 forma kontra funkcjonalność	365
rozdział 24 skalowanie modelu	377
rozdział 25 proces modelowania	385
pośłowie	395
index.....	396

szczegółowy spis treści

przedmowa	xvii
podziękowania	xviii
gdzie kupić części LEGO	xix

CZĘŚĆ I PODSTAWY

1	
podstawowe pojęcia	3
prędkość	3
moment obrotowy	3
moc	3
tarcie	3
przyczepność	4
opór	
toczenia	4
luz	5
sprawność	5
pojęcia dotyczące pojazdów	5
wał napędowy	5
układ napędowy	6
przeniesienie napędu	6
promień skrętu	6
rodzaje napędów	6
kąt skrętu	6
prześwit	7
skok zawieszenia	7
kąt pochylecia koła	8
kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy	8
kąt zbieżności	9
rozkład masy	10
środek ciężkości	10
2	
podstawowe jednostki i części	11
klocek Technic	11
piny do łączenia i obracania	12
belki – alternatywa bez studów	15
połowa studa jako minimalna jednostka konstrukcyjna	17
triki z klockami	18

3	ze studami czy bez?	21
	ewolucja LEGO	21
	budowanie ze studami	22
	wzmacnianie konstrukcji ze studami	23
	zalety konstrukcji ze studami	24
	wady konstrukcji ze studami	24
	budowanie bez studów	24
	tworzenie sztywnych połączeń bez studów	25
	zalety konstrukcji bez studów	26
	wady konstrukcji bez studów	27
	łączenie technik	27
	czerpanie inspiracji z zestawów Technic	28
	metody łączenia klocków i belek	31
	parzyste a nieparzyste	32

4	osie, nakładki i przeguby	35
	osie	35
	osie standardowe	36
	osie zmodyfikowane	37
	osie elastyczne	38
	nakładki	39
	nakładka $\frac{1}{2}$	39
	nakładka zwykła	41
	nakładka z pinem długim	41
	przeguby Cardana	42

5	koła	45
	budowa koła	45
	opony	46
	kształt	46
	pełne a wydrążone	47
	materiał	48
	kwestie rozmiarów	48
	rozwiązania niestandardowe	49
	eksperymentowanie z rozmiarem felgi i opony	49
	kiedy opony LEGO nie wystarczają	50

CZĘŚĆ II MECHANIKA

6	koła zębate i podstawy przenoszenia mocy	55
	koła napędzające, napędzane i pośredniczące	56
	przełożenia	57

skrócone zestawienie przełożeń	58
sprawność a koła zębate	58
luz a koła zębate	59
określanie kierunku obrotu	60
rodzaje kół zębatych	61
przekładnia ślimakowa	62
przekładnia ślimakowa 3L	62
koło zębate z 8 zębami	63
knob	63
koło zębate stożkowe jednostronne z 12 zębami	64
koło zębate stożkowe dwustronne z 12 zębami	64
koło zębate z 14 zębami	64
koło zębate z 16 zębami	64
koło zębate z 16 zębami i sprzęgłem	64
dwustronne koło zębate z 16 zębami i sprzęgłem	65
koło zębate stożkowe jednostronne z 20 zębami	65
koło zębate stożkowe jednostronne z 20 zębami i otworem okrągłym	65
koło zębate stożkowe dwustronne z 20 zębami	66
koło zębate z 24 zębami	66
Koło zębate z 24 zębami i sprzęgłem	66
koło zębate z 24 zębami i koroną	67
koło zębate z 36 zębami	67
koło zębate z 40 zębami	67
koło zębate z zestawu Hailfire Droid	67
obudowy dyferencjału	68
obrotnice	69
wycofane koła zębate	70

7

łańcuchy i krążki	71
łańcuchy	71
krążki	73
wielokrążki	75
wielokrążek zwykły	76
wielokrążek różnicowy	76
wielokrążek potęgowy	79

8

dźwignie i prostowody	81
dźwignie	81
klasy dźwigni	82
od dźwigni do prostowodów	83
prostowody	85
prostowód Czebyszewa	87
prostowód Hoekena	87
pantograf	87

komórka Peaucelliera–Lipkina	88
prostowód Sarrusa	88
prostowód Scotta–Russella	89
mechanizm nożycowy	89
prostowód Watta	90
9	
rozwiązania mechaniczne własnej konstrukcji	91
mocniejszy dyferencjał	91
blokada dyferencjału	92
dyferencjał własnej konstrukcji	93
oś z blokadą dyferencjału	95
mechanizmy zębatkowo	
-zapadkowe	96
sprzęgła liniowe	97
mechanizmy mimośrodowe	98
mechanizmy jarzmowe	99
mechanizm jarzmowy	100
łączniki Oldhama	101
łączniki Schmidta	102
silniki krokowe	103
mechanizm maltański	103
mechanizm maltański	104
światła cofania	104
migacze	105
kierunkowskazy	106
złożone kierunkowskazy	108
przenoszenie napędu dwiema osiami przez obrotnicę	110
przenoszenie napędu przez dwie osie i obrotnicę	111
mocny przegub Cardana	115
przegub Cardana	115
10	
system pneumatyczny LEGO	117
stary system	117
nowy system	118
system V2	119
przegląd części pneumatycznych	119
pompy	119
moduły sterujące	121
siłowniki	122
duży siłownik 2x2 (V2)	124
różne części	124
modyfikacje systemu pneumatycznego	128
przewody nieprodukowane przez firmę LEGO	128
zbiorniki powietrza nieprodukowane przez firmę LEGO	129
usuwanie sprężyn, aby utworzyć kompresory zasilane	129

zawieszania pneumatyczne	129
zamiana systemu pneumatycznego w hydrauliczny	129
11	
urządzenia pneumatyczne	131
kompresory napędzane silnikiem elektrycznym	131
kompresor kołyszący	134
zawory sterowane silnikiem elektrycznym	135
zawór automatyczny	136
zawór sterowany silnikiem elektrycznym	137
zawór automatyczny	138
przełącznik elektro-pneumatyczny	139
zawór sterowany silnikiem Servo PF	139
przełącznik elektro-pneumatyczny	139
zawór sterowany silnikiem Servo PF	140
automatyczny przełącznik ciśnieniowy	141
silniki pneumatyczne	142
silnik jednocylindrowy	143
silnik pneumatyczny dwucylindrowy	146
silnik pneumatyczny dwucylindrowy z suwakami	149
prezentacja konstruktora	153
działająca ciśnieniowa pompa wodna	153
12	
solidne konstrukcje	155
przyczyny rozłączania się części	155
znajdowanie słabych ogniw	156
wyznaczanie miejsc wzmocnień	156
właściwe sposoby wzmocniania	158
zasady wzmocniania	160
wzmocnione obejmy dyferencjału	162
cztery wzmocnione obejmy dyferencjału	163
wzmocnione obejmy przekładni ślimakowej	167
trzy wzmocnione obejmy przekładni ślimakowej	168
struktury nośne	169
podłużnice, podwozia i ramy	169
kratownice	172
prosta kratownica trójkątna	176
wybór właściwej kratownicy	177
wybieranie najmocniejszych części	179

CZĘŚĆ III SILNIKI

13

przegląd silników LEGO	183
2838, pierwszy silnik 9V	184
71427, popularny i mocny silnik 9V	185
43362, lżejszy silnik 9V	185
Micromotor	186
silnik MINDSTORMS NXT	187
Silnik MINDSTORMS EV3 Medium	187
Silnik MINDSTORMS EV3 Large	188
silnik E systemu Power Functions	188
silnik M (Medium) systemu Power Functions	189
silnik L (Large) systemu Power Functions	189
silnik XL systemu Power Functions	190
silnik Servo systemu Power Functions	190
silnik RC	191
silnik wodoszczelny (stary)	191
silnik wodoszczelny (nowy)	192

14

system LEGO Power Functions	193
ręczne sterowanie silnikami	193
zdalne sterowanie silnikami	194
źródła zasilania	196
pojemnik na baterie AA	196
pojemnik na baterie AAA	196
akumulator	197
odbiornik	197
piloty	198
pilot podstawowy	199
pilot z regulacją prędkości	199
działanie regulacji prędkości	199
modyfikacje pilotów	199
pilot podstawowy z kierownicą	200
pilot podstawowy z dźwignią na boki	201
pilot kontroli prędkości z centralną kierownicą	203
siłowniki liniowe	205
siłownik liniowy duży	205
siłownik liniowy mały	207
siłowniki liniowe a elementy pneumatyczne	207
kable przedłużające	208
różne elementy	209
przełącznik	209
diody świecące	209

15	
System RC	211
przeгляд systemów LEGO RC	211
Właściwy system RC i jego składniki	212
jednostka sterująca	213
pilot	213
przyłącze układu kierowniczego	214
silniki	214
składanie wszystkiego razem	214
System RC a system PF	215

CZĘŚĆ IV MECHANIKA ZAAWANSOWANA

16	
układy kierownicze pojazdów kołowych	219
podstawowe układy kierownicze LEGO	219
układ kierowniczy z centrowaniem	222
geometria skrętna Ackermanna	223
proste ramię skrętne z geometrią Ackermanna	226
zbieżność osi	227
mały układ kierowniczy z wirtualną osią skrętu	232
duży układ kierowniczy z wirtualną osią skrętu	233
17	
układy zawieszenia pojazdów kołowych	237
osie napędzane	237
układy zawieszenia: koncepcja i kategorie	238
rodzaje zawieszzeń	239
niezależne zawieszenie o dwóch wahaczach poprzecznych	240
zawieszenie typu Tatra	241
zawieszenie kolebkowe	242
zawieszenie z wahaczami wleczonymi (zawieszenie osi pływającej)	243
piasty kół i ich zastosowanie	244
piasta koła sprzed roku 2011	245
zwykła piasta koła	247
kierowana piasta koła	248
portalowa piasta koła	250
osie	
kierowane i zawieszane	252
zawieszenie kolebkowe z obrotnicami	252
stabilizowane zawieszenie kolebkowe	253
osie portalowe (zwolnice)	256
stabilizowane zawieszenie kolebkowe z osią portalową	257
zawieszenie typu Tatra stabilizowane czterema amortyzatorami	260
zawieszenie niezależne	263
oś pływająca z czterema cięgnami	264

osie sterowane i zawieszono	268
kolebkowa oś kierowana	268
niezależna oś kierowana	269
osie napędzane, kierowane i zawieszono	270
oś niezależna	270
wzmocniona portalowa oś kolebkowa	273
oś kolebkowa z przekładnią ślimakową	279

18

pojazdy i zawieszono gąsienicowe	285
gąsienice gumowe	285
gąsienice plastikowe	286
układy kół w pojazdach gąsienicowych	288
układy zawieszono	290
wózki	290
zawieszono z wahaczami wleczonymi na amortyzatorach	291
zawieszono z wahaczami wleczonymi na drążkach skrętnych	292
eksperymentowanie z kołami jezdnyimi	293
niestadnardowa mocna gąsienica	297

19

skrzynie biegów	299
typy skrzyń biegów	299
działanie pierścieni skrzyni biegów LEGO	300
projekty skrzyń biegów	303
2-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	303
2-biegowa sekwencyjna mocna skrzynia biegów	304
2-biegowa skrzynia biegów z silnikiem RC	304
2-biegowa obiegowa skrzynia biegów	305
2-biegowa zapadkowa skrzynia biegów	305
3-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	306
4-biegowa skrzynia biegów z dwiema dźwigniami	306
4-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	307
4-biegowa sekwencyjna synchronizowana skrzynia biegów z silnikiem RC	308
5-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	308
10-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	309
bezystopniowa skrzynia biegów	310
skrzynie rozdzielcze	310
2-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	311
2-biegowa sekwencyjna mocna skrzynia biegów	312
2-biegowa skrzynia biegów z silnikiem RC	314
2-biegowa obiegowa skrzynia biegów	316
2-biegowa zapadkowa skrzynia biegów	317
3-biegowa sekwencyjna skrzynia biegów	318
4-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	320
4-biegowa sekwencyjna synchronizowana skrzynia biegów	321

10-biegowa synchronizowana skrzynia biegów	326
bezstopniowa skrzynia biegów	331

20

sumatory i subtraktory	333
sprzęganie na sztywno	333
sprzęganie silników przy użyciu sumatorów	333
sumowanie momentu obrotowego za pomocą sumatora	334
dodawanie większej liczby silników niż dwa	336
subtraktory	336
powody do używania subtraktora	337
subtraktor wzdłużny	338
subtraktor wzdłużny	339
subtraktor poprzeczny	344
subtraktor poprzeczny	345
subtraktor poprzeczny bez studów	347

21

przekładnie obiegowe planetarne	349
koła zębate pierścieniowe LEGO	349
układ przekładni obiegowej z obrotnicą	350
układ przekładni obiegowej z kołem nr 64712	351
przełożenia i przekładnie obrotowe	353
zalety przekładni obiegowych	353

22

Druk 3D	355
modyfikacje istniejących projektów	356
uzupełniające części LEGO	357
adaptory innych firm	358
specjalne projekty ze świata rzeczywistego	358
wady druku 3D	359
wprowadzenie do druku 3D	361
samodzielne drukowanie	361
współpraca z producentem	361

CZĘŚĆ V MODELE

23

forma kontra funkcjonalność	365
samochody	365
ciężarówki	366
motocykle	369
pojazdy gaśnicowe	369
modele lotnicze	372
samoloty	372

helikoptery	372
24	
skalowanie modelu	377
schematy	377
punkty odniesienia	379
skalowanie	379
25	
proces modelowania	385
rozmiar ma znaczenie	385
koła	386
inne okrągłe elementy	389
kolory	389
diabeł tkwi w szczegółach	390
budowanie pod dziwnymi kątami	391
budowanie z głową	393
kolejny krok: sterowanie modelami	393
poślowie	395
index	396