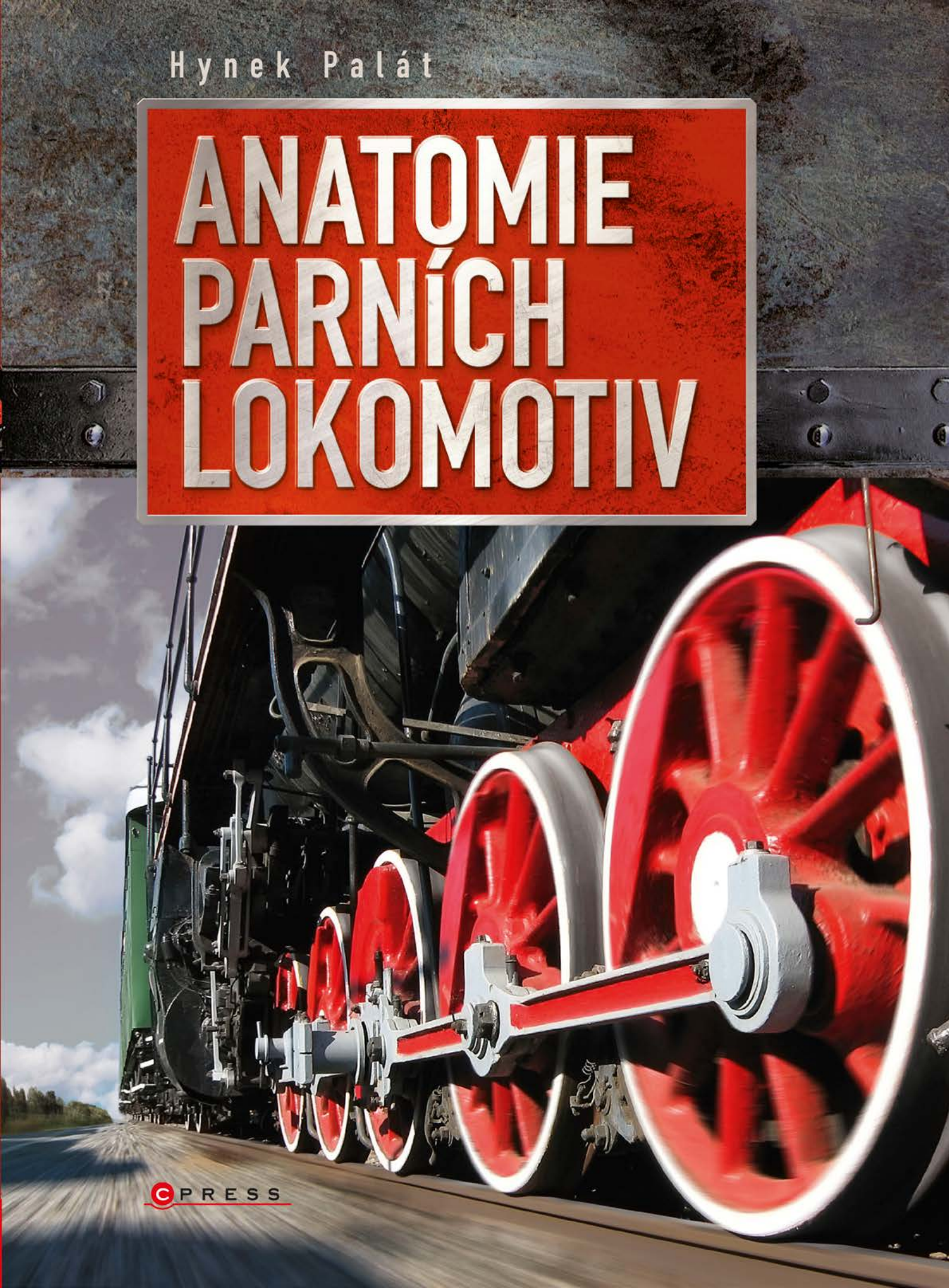


Hynek Palát

# ANATOMIE PARNÍCH LOKOMOTIV

 CPRESS



# Anatomie parních lokomotiv

Vyšlo také v tištěné verzi

Objednat můžete na  
[www.cpress.cz](http://www.cpress.cz)  
[www.albatrosmedia.cz](http://www.albatrosmedia.cz)



**Hynek Palát**

**Anatomie parních lokomotiv – e-kniha**  
Copyright © Albatros Media a. s., 2021

Všechna práva vyhrazena.  
Žádná část této publikace nesmí být rozšiřována  
bez písemného souhlasu majitelů práv.

**ALBATROS**  **MEDIA**



Hynek Palát

# Anatomie parních lokomotiv



Hynek Palát

# Anatomie parních lokomotiv

Vydalo nakladatelství CPress v Brně roku 2021 ve společnosti Albatros Media a. s.  
se sídlem 5. května 22, Praha 4.

Číslo publikace 39 258.

Obálka: Martin Sodomka

Fotografie a ilustrace: archiv autora, Aleš Otáhal

Odpovědný redaktor: Ondřej Weigel, Dalibor Kumr

Technický redaktor: Radek Střecha

2. vydání

[www.cpress.cz](http://www.cpress.cz)

e-shop: [www.albatrosmedia.cz](http://www.albatrosmedia.cz)

Cena uvedená výrobcem představuje nezávaznou doporučenou spotřebitelskou cenu.

**C P R E S S**

Text © Hynek Palát, 2021

© Richard Semik / shutterstock.com

ISBN tištěné verze 978-80-264-4016-1

ISBN e-knihy 978-80-264-3805-2 (1. zveřejnění, 2021) (ePDF)



# Obsah

Slovo autora

Historický vývoj lokomotivních konstrukcí

Období do konce 19. století . . . . .	5
Konstrukční vývoj parní lokomotivy ve 20. století . . . . .	11
Pára a fyzikální zákonitosti . . . . .	12

Konstrukce parního kotle

Skříňový kotel . . . . .	16
Válcový kotel . . . . .	22
Sušiče a přehříváče páry . . . . .	30
Dýmnice . . . . .	34
Napájení vodou . . . . .	42
Čističe vody . . . . .	52
Příslušenství lokomotivních kotlů . . . . .	54

Pohonné ústrojí parních lokomotiv

Pohyb parního stroje . . . . .	66
Šoupátka . . . . .	74
Konstrukce klikového mechanismu . . . . .	87
Základní konstrukční znaky a rozdělení lokomotivních rozvodů . . . . .	91
Pneumatické ovládání rozvodů . . . . .	107
Lokomotivy se sdruženým parním strojem a zvláštní konstrukce . . . . .	107

Brzdové systémy parních lokomotiv

Jednoduchá sací brzda . . . . .	114
Samočinná sací brzda . . . . .	116
Tlaková brzda . . . . .	119
Brzdíče a rozváděče tlakové brzdy . . . . .	129
Přímočinná brzda . . . . .	132
Použití brzdových systémů u lokomotiv ČSD . . . . .	134

Rámy a další části parních lokomotiv

Dvojkolí a jejich uložení . . . . .	143
Posuvné podvozky . . . . .	148
Písečníky . . . . .	156
Osvětlení parních lokomotiv . . . . .	158
Stanoviště strojvůdce a topiče . . . . .	160

Lokomotivní tendry

Vlečné tendry . . . . .	164
Tendrové lokomotivy . . . . .	168

Na závěr...

Příloha

Literatura . . . . .	173
Rejstřík . . . . .	173

## Slovo autora

**P**arní lokomotiva byla fenoménem 19. a první poloviny 20. století. Technický vývoj její konstrukce urazil za tu dobu veliký kus cesty, přičemž se na něm podílelo mnoho techniků z řady zemí. Porovnali-li bychom některou z prvních anglických lokomotiv, např. Stevensonovu „Rocket“, se stroji vyrobenými v 50. letech minulého století, lehce bychom zjistili, že po technické stránce jsou tyto lokomotivy zcela nesoúměřitelné.

Také technici ze střední Evropy mají na konstrukčním vývoji parní lokomotivy nemalý podíl. Vzpomeňme zde např. Dipl.-Ing. Karla Gölsdorfa, Dipl.-Ing. Johanna Rihoska či Dipl.-Ing. Adolpha Giesel-Geislingena, jejichž technický talent konstrukci parních lokomotiv ČSD nesporně ovlivnil. Z představitelů vlastní československé konstrukční školy pak jmenujme alespoň Ing. Vojtěcha Kryšpína a Ing. Josefa Židlického z pražské ČKD nebo pány Ladislava Fránu a Jaroslava Buriana ze Škody Plzeň. Nesmazatelnou technickou stopu na československých parních lokomotivách také zanechal Ing. Vlastimil Mareš z ředitelství ČSD v Praze.

Předkládaná kniha nechce být jen běžným popisem konstrukce parní lokomotivy. Nechce být jen suchou učebnicí o lokomotivních kotlech, parních strojích, rozvodech, brzdách, pojezdech

a dalších zařízeních pro parní lokomotivu tak typických. Úmyslem autora je předložit čtenáři ucelený pohled na historický vývoj lokomotivní stavby v prostoru střední Evropy a především pak na území někdejšího Československa.

Text knihy je věnován vývoji jednotlivých konstrukčních prvků parních lokomotiv a zvláštní pozornost je přitom věnována tomu, jak se technická řešení jednotlivých konstruktérů navzájem ovlivňovala, a jakých při tom bylo dosaženo výsledků.

Knihla obsahuje početný soubor fotografií a technických náčrtů, které dokumentují vzhled a funkci jednotlivých zařízení popisovaných v textu.

\* \* \*

Knihu věnuji své manželce Věrce a své rodině za bezmeznou podporu, bez níž by vznikla jen velmi těžší.

Poděkování pak také patří Aleši Otáhalovi, André Marksovi, Jürgenu Steinmeckeovi a Thomasi Schwarzeovi za poskytnutí jedinečných fotografií. A samozřejmě děkuji i Josefu Motyčkovi a Pavlu Černému, kteří mi pomohli cennými radami již při prvním vydání.

Hynek Palát



## Historický vývoj lokomotivních konstrukcí

Že kolébkou parní lokomotivy byla zrovna Anglie, není žádná náhoda. Británie byla v první polovině 19. století nejvíce rozvinutou zemí Evropy a snad i celého světa. K tomu jí napomohl i epochální vynález Skota Jamese Watta, který v roce 1769 sestrojil první prakticky použitelný parní stroj. Vznikl tak hlavní předpoklad pro následný rozvoj mechanizace v mnoha výrobních odvětvích.

### Období do konce 19. století

Myšlenka používat parní stroj nejen stacionárně k pohonu různých strojů v továrnách, ale využít jeho tažné síly i pro dopravní prostředky, na sebe nenechala dlouho čekat. Bylo to v roce 1770, kdy jistý francouzský důstojník jménem Nikolas Joseph Cugnot jako první sestrojil silniční vozidlo poháněné parním strojem. Jeho vůz, který měl přepravovat kanóny, dosahoval ovšem jen rychlosti asi 4 km/h. Vozidlo mělo vepředu těžký kotel kulovitěho tvaru s omezeným výkonem, jenž na tehdejší prašné silnice ani zdaleka nestačil. Proto se Cugnotův vůz neosvědčil a později upadl v za-

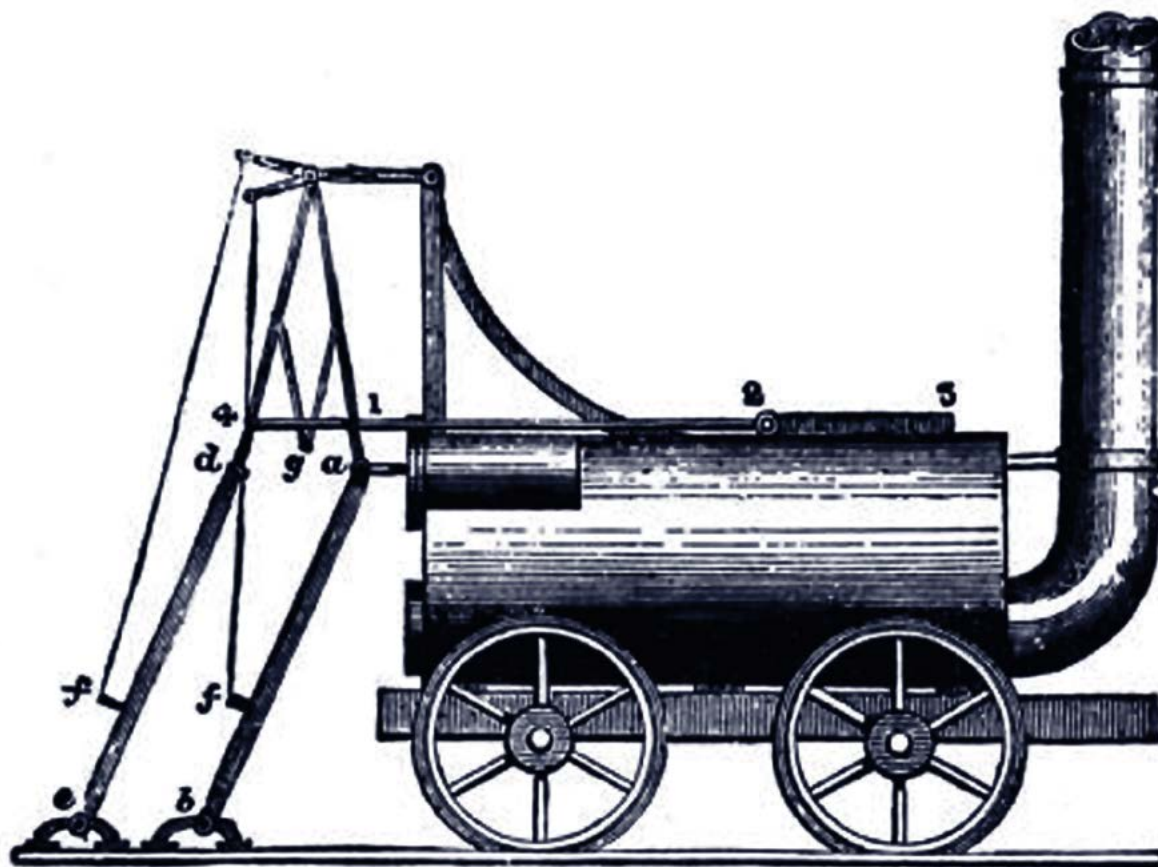


FIG. 1. BRUNTON'S TRAVELLER, 1813.

Bruntonova „chodící“ lokomotiva vypadala opravdu bizarně.

pomnění. Cugnot ovšem dokázal, že parou lze pohánět i samostatně se pohybující vozidlo.

Na druhé straně již před Cugnotovými pokusy bylo známo, že vozidlo, jako třeba koňský potah, se může pohybovat i po kolejích, a že se přitom pohybuje podstatně snadněji. Zjistilo se, že je-li vůz po kolejích tažen koňmo, může jeden kůň utáhnout až třináctkrát těžší náklad než po prašné silnici. Je to dáno nesrovnatelně nižším valivým odporem kol při jízdě vozu po kolejnicích než po nerovné cestě. Budovaly se tedy koněspřežní železnice. I u nás vznikla například trasa České Budějovice – Linec, daná do provozu v roce 1828.

Protože však s koňmi to není nikdy jednoduché, vznikly na přelomu 18. a 19. století snahy nahradit jejich sílu vhodným, parou poháněným strojem. Zrodila se tak parní lokomotiva.

Úplně první prakticky použitelnou lokomotivu sestavil v roce 1804 Richard Trevithick. Jeho dvou-nápravový stroj měl jen hladká kola bez okolků a pohyboval se po kolejnicích z úhelníků, které jej vedly. Protože si Trevithick nebyl zcela jistý, zdali tření mezi koly stroje a kolejnicemi bude dostatečně velké pro to, aby lokomotiva neprokluzovala,



*Hedleyova lokomotiva Puffing Billy*

rozhodl se obvod jejich kol osázet hřeby, které se při jízdě zapichovaly do těla dřevěných kolejnic. Lokomotiva měla jen jeden parní válec, který byl umístěn přímo v parním kotli, snad z důvodu co nejmenší tepelné ztráty. Válec pak poháněl obě nápravy pomocí jednoduchého klikového mechanismu a soustavy ozubených kol.

V roce 1812 postavil Angličan Blenkinsop lokomotivu, která již měla dva parní válce. Ty poháněly ozubené kolo zabírající o třetí ozubenou kolejnici položenou podélně vedle tratě. Uvedený princip se stal později inspirací pro stavbu horských drah s ozubnicí. Do konstrukčního vývoje normální adhezní parní lokomotivy však zasáhl jen okrajově.

Podobných pionýrů slepých uliček bylo více. Patřil mezi ně například i Angličan Chapman, jehož lokomotiva tahala za řetěz uložený mezi kolejemi. Ani William Brunton výrazněji nepřispěl k vývoji železniční techniky. Jeho stroj se místo pohonu kol pohyboval pomocí jakýchsi opěr, kterými se odrážel od terénu vedle tratě. Lokomotiva umožňovala jen pohyb vpřed a navíc jí při zkušební jízdě explodoval kotel, čímž se její autor sám znemožnil.

Průlom v technickém myšlení učinili až William Hedley a Christopher Blakett. Ti dokázali, že pokud jsou poháněné nápravy (zvaná dvojkolí) kolejového vozidla dostatečně zatíženy, vznikne mezi koly a kolejnicemi odpovídající tření, které zcela postačí, aby vozidlo při jízdě neprokluzovalo. Dokázali to pomocí jednoduchého, ručně poháněného kolejového vozíku.

Sám Hedley později v roce 1813 sestrojil lokomotivu „Puffing Billy“, která měla dva parní válce umístěné svisle po stranách kotle. Jejich tažná síla se pomocí pákového mechanismu přenášela na zvláštní osu umístěnou mezi oběma dvojkolími lokomotivy, na která pak byla převáděna pomocí ozubených kol. „Puffing Billy“ byla v provozu na uhelné dráze ve Wylamu až do roku 1862, kde dokázala 10 ložných vozů utáhnout rychlostí 8 km/h.



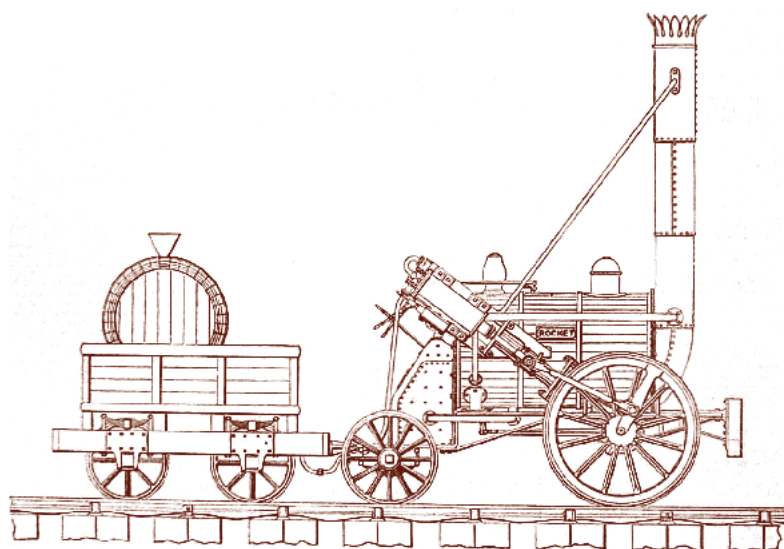
O další pokrok ve vývoji parní lokomotivy se postaral George Stephenson. Ten se jejich stavbami zabýval od roku 1814. Sestavil například stroj LOCOMOTION, který sloužil na první veřejné parostrojní železnici mezi anglickými městy Stockton a Darlington, otevřené v roce 1825. Stroj zde dokázal utáhnout vlak až s 27 vozy.

Stephensonovy lokomotivy měly uvnitř svých kotlů pouze jedinou velkou žárovou rouru, kterou procházely dohořívající spaliny z topeniště do komína. Česky takovéto rouře říkáme plamenec.

Teprve až Francouz Marc Séguin nahradil plamenec velkým počtem žárových trubek o malém průměru a vynalezl tím dodnes mnohde používaný žárotrubný kotel s několikanásobně větší výhřevnou plochou. Protože však malé žárové trubky kladou proudy spalin větší odpor než jeden velký plamenec, tah lokomotivního komínu přestal postačovat pro rozdmýchávání ohně v topeništi, a to bylo nutné nějak vyřešit. Marc Séguin proto do komína přivedl výfukovou páru z válců lokomotivy, s jejíž pomocí v kotli během jízdy vznikl dostatečný umělý tah vzduchu. Vznikl tak první lokomotivní komínový ejektor, pro který se později v češtině ustálil odborný název dyšna.

Velmi významným dnem pro rozvoj lokomotivní konstrukce byl 8. říjen roku 1829. Pro tehdy čerstvě dokončenou veřejnou železnici z Manchesteru do Liverpoolu byla vypsána veřejná soutěž na konstrukci vhodné lokomotivy. Zájemci měli tehdy za povinnost svou lokomotivu postavit a pak se s ní zúčastnit závodu na již hotovém úseku trati poblíž města Rainhill.

Tam se pak právě 8. října 1829 utkaly čtyři stroje. Byly to: NOVELTY, SANS PAREIL, PERSEVERANCE a ROCKET. Právě Stephensonova lokomotiva ROCKET (Raketa) vyhrála zmíněný závod, když utáhla vlak o hmotnosti 19,4 tuny rychlostí 21 km/h. O den později dosáhla s o něco menší zátěží rychlosti až 46,5 km/h. Stephensonova lokomotiva

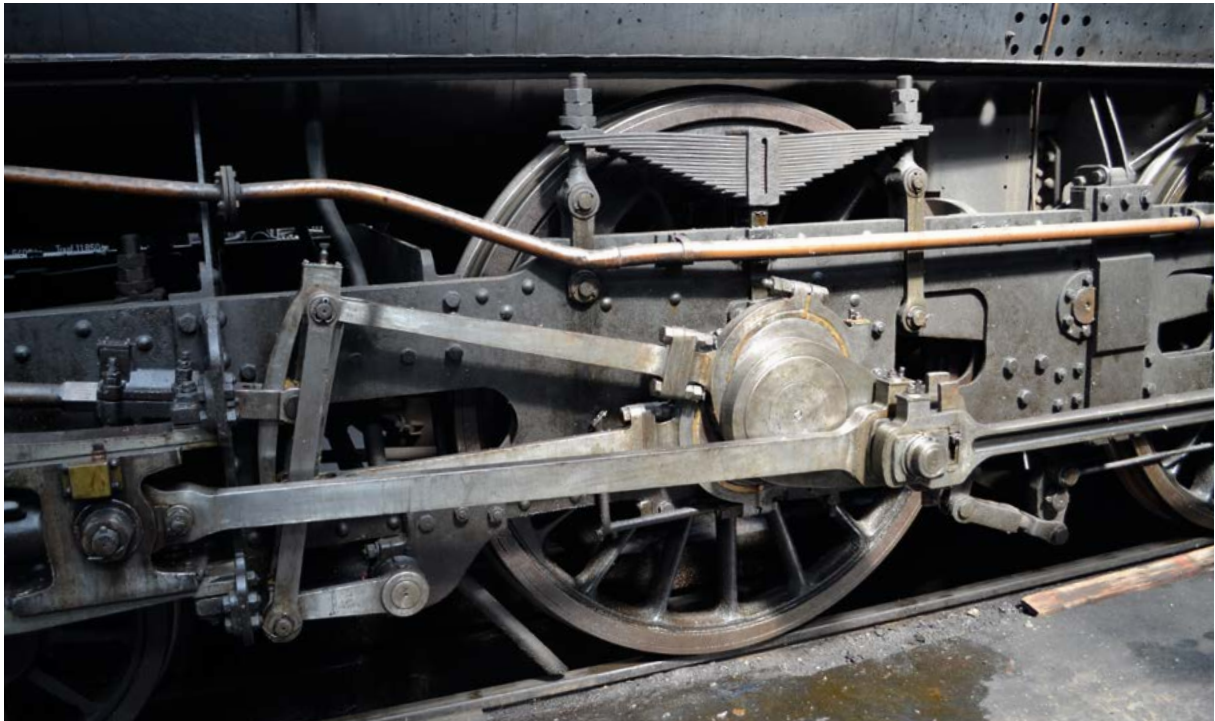


Stephensonova lokomotiva Rocket

již měla žárotrubný kotel podle Séguinova vzoru, měla tedy dyšnu a navíc měla i topeniště umístěno tak, že bylo prakticky ze všech stran obklopeno vodním prostorem. Stěny topeniště i jeho strop vlastně byly dvouplášťové a prostor mezi vnitřním a vnějším pláštěm byl zcela zaplněn vodou. Od té doby byly lokomotivní kotle konstruovány právě takto, přičemž se skládaly ze dvou částí, z kotle válcového s žárovými trubkami a kotle skříňového s topeništěm a popelníkem. Toto uspořádání se pak stalo celosvětově rozšířenou normou.

Připomeňme si, že toto všechno se událo v prvních desetiletích 19. století. Výstavba železničních tratí byla tehdy v začátcích. V následujícím období se ale velmi urychlila a v souvislosti s tím vzrůstaly i požadavky na tažnou sílu a na rychlost parních lokomotiv, na jejich výkonnost a v neposlední řadě i na jejich hospodárnost. Konstruktoři postupně zvyšovali tlak páry v kotli, celkové rozměry a hmotnost nových strojů a vynalezali pro ně i zcela nové konstrukční prvky.

Sám George Stephenson ještě v roce 1842 přispěl k rozvoji vynálezem prvního lokomotivního rozvodu, což je zařízení pro přesné dávkování množ-



*Takto vypadá Stephensonův rozvod.*



*Na fotografii je nasací parní injektor. Většina parních lokomotiv ČSD měla dvě tyto armatury, po jedné na každé straně. Traťové lokomotivy měly vlevo nasací napáječ na výfukovou páru.*



ství páry do válců parního stroje. Umožňuje lépe využít expanzi páry ve válcích a tím zvyšuje hospodárnost celé lokomotivy.

Zlepšovala se i různá obslužná zařízení, která parní lokomotivy potřebovaly ke svému provozu. Např. pro přečerpávání vody z tendru lokomotivy do kotle se zpočátku používala obyčejná pístová čerpadla poháněná převodem od hnací nápravy. Fungovala pouze, když byl stroj v pohybu. Po zastavení

sice voda v kotli dále vařila a ubývalo jí, pro nečinnost čerpadla však nemohla být doplňována. Při delším stání ve stanici bylo pak nutné lokomotivu odpojit a pojíždět s ní, aby se potřebné množství vody v kotli opět obnovilo. Tyto provozní nesnáze odstranil v padesátých letech 19. století Francouz Henri Giffard svým vynálezem parního injektoru.

Od osmdesátých let 19. století se datují snahy některých lokomotivních konstruktérů o využití tzv.



*U ČSD bylo použití dyšny Giesel značně rozšířeno. Lokomotivy vybavené tímto zařízením jsou lehce rozpoznatelné díky charakteristickému plochému tvaru komína.*



sruženého parního stroje, tedy stroje s postupnou expanzí páry ve válcích o nestejném průměru. Výhodou byla skutečnost, že pára mohla efektivněji dvojestupňově expandovat, nevýhodou byla složitost takovéto konstrukce.

Při úsilí o zvýšení účinnosti parní lokomotivy bylo na přelomu 19. a 20. století dosaženo značného pokroku díky Ing. Wilhelmu Schmidтови a jeho

vynálezu přehříváče páry. Jeho všeobecným zavedením došlo ke snížení spotřeby paliva i vody o 30 až 35 %. Schmidtova první konstrukce přehříváče z roku 1898 ještě nebyla příliš dokonalá, v roce 1904 ovšem Schmidt přichází s dokonalejší variantou s přehřívacími trubkami umístěnými uvnitř žárových trubek válcového kotle. Tento typ přehříváče se pak v lokomotivní konstrukci stal všeobecně používaným standardem.

*Posledními parními lokomotivami vyvinutými pro ČSD byla řada 464.2. Vyrobity se jen dva prototypy, z nichž stroj 464.202 existuje dodnes.*





## Konstrukční vývoj parní lokomotivy ve 20. století

Po roce 1900 snahy konstruktérů o zdokonalení a z hospodárnění parní lokomotivy ani zdaleka neustaly. Značná pozornost byla např. věnována spalovacímu procesu, kdy byla do topenišť zaváděna vyzdřená klenutí ze šamotových cihel. Ta prodloužila trasu proudění spalin a zlepšila využití tepla.



Výtopny proto zcela překvapivě zaměstnávaly i zedníky. U pokročilých lokomotivních konstrukcí bylo pak po druhé světové válce přistoupeno k instalaci varných trubek, varníků a spalovacích komor, které tepelnou účinnost kotlů ještě dále zvýšily.

Měnila se také konstrukce lokomotivní dyšny. Použití dyšny systému Kylchap a později i systému Giesel snížilo protitlak páry na písty parního stroje, a tím se zvýšila jeho účinnost.

Také zvýšení teploty napájecí vody bylo v popředí zájmu techniků. Zatímco se v některých evropských zemích značně rozšířilo využívání různých systémů předehřívání pomocí vodního čerpadla a vodotrubného nebo směšovacího předehříváče, u ČSD bylo již ve 20. letech přikročeno k zavedení výfukového injektoru systému Metcalf, schopného ohřát napájenou vodu až na téměř 100 °C.

Technickým vyvrcholením v konstrukci parních lokomotiv ČSD pak bylo zavedení mechanických příkladačů paliva, které velmi usnadnily topičovu práci a zrovnoměrnily dodávku paliva do topeniště.

Během celého stovacetiletého období technického vývoje parní lokomotivy bylo dosaženo značného pokroku. Postupně vzrůstaly provozní rychlosti, výkonnost a hospodárnost provozu. Vznikly i různé speciální lokomotivy pro specifické účely, např. stroje s děleným rámem pojezdu (systémy Meyer, Mallet a Garrat) nebo lokomotivy pro horské dráhy s ozubnicí.

Technika parní lokomotivy je i pro dnešního zájemce velmi zajímavá a poučná a naše kniha se jí ve svých dalších kapitolách bude věnovat mnohem podrobněji.

## Z čeho se skládá parní lokomotiva

Pohlédneme-li na parní lokomotivu jako na technické dílo, musíme konstatovat, že se v zásadě skládá ze tří konstrukčních celků. Jsou to:

- Parní kotel – slouží k ohřevu vody a k její přeměně na páru o potřebném tlaku.
- Pohonné ústrojí – tedy parní stroj s nezbytným rozvodem.
- Rám s pojezdem a příslušenstvím – na rámu jsou oba výše zmíněné celky namontovány, mezi příslušenství patří např. strojvůdčovská budka, tendr na vodu a palivo, brzdový systém apod.

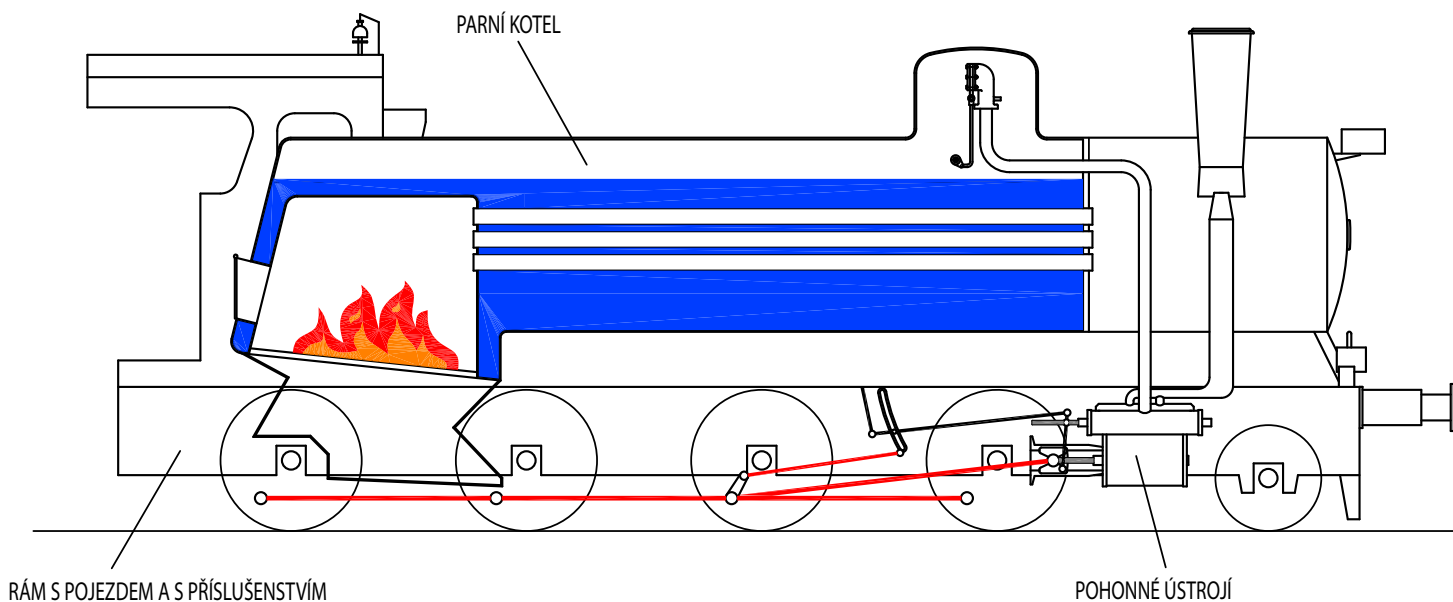
## Víte, co je pára?

Nejdříve si ovšem v krátkosti připomeňme několik základních fyzikálních zákonitostí o plynném skupenství vody, tedy o páře. U parních lokomotiv se totiž setkáváme hned se dvěma druhy páry. Párou nasycenou a párou přehřátou. Jaký je mezi nimi rozdíl?

## Pára a fyzikální zákonitosti

Nasycená pára vzniká přímo nad hladinou vařící se vody. Obsahuje zprvu značné množství volně rozptýlených vodních kapiček (pára mokrá), po dalším ohřevu a přijetí tzv. skupenského tepla je pak už zcela bez vody (pára suchá). Nasycená pára má v zásadě teplotu varu vody při daném tlaku nebo jen o málo vyšší.

Po celé 19. století dokázaly lokomotivní kotle produkovat pouze nasycenou, a to dokonce jen velmi mokrou páru. Stroje potom trpěly jevem zvaným strhávání vody do válců, kdy se do pohonného ústrojí lokomotivy dostávala pára s určitým množstvím ještě kapalné vody. Vodní kapky se pak při expanzi ve válcích parního stroje vždy rychle odpařily, čímž odebraly část tepla okolní páře a snížily tak výkon lokomotivy. Aby bylo strhávání vody co nejvíce omezeno, bylo odebírání páry v lokomotivním kotli vždy umístěno do parojemu, tedy



Řez parní lokomotivou s kotlem na nasycenou páru bez přehříváče



zvláštního vyvýšeného nástavce na temeni kotle. Čím vyšší parojem byl, tím sušší pára se odebírala.

O přehřáté páře pak mluvíme tehdy, pokud suchou páru dále ohříváme na podstatně vyšší teplotu. Neumožníme-li jí přitom rozprostřít se do většího objemu, docílíme toho, že značně vzroste její tlak.

Platí podmínka, že páru lze přehřát, teprve až opustí prostor nad hladinou vody v kotli. Jinak by se totiž část páry absorbovala zpátky do vody. Nad hladinou kotelní vody je tudíž vždy pouze pára nasycená. Přehřívání se pak děje ve zvláštním přehříváči umístěném v trubkách kotle – v tzv. kouřovkách.

Přehřátá pára má oproti páře nasycené tyto výhody:

- Je horším vodičem tepla, má tedy menší tendenci ke zkapalňování při kontaktu se stěnami potrubí a parních válců. Ztráty kondenzací jsou tedy menší.
- Obsahuje mnohem více tepelné energie, je úplně suchá a při expanzi ve válcích u ní dochází k rychlejšímu poklesu tlaku, protože zde nedochází k dodatečnému odpařování stržené vody.
- Přehřátí páry znamená zvýšení účinnosti lokomotivy, protože se pro ně využije tepla od horkých spalin z topeniště, které by jinak zůstalo nevyužito.



*Protože je u parní lokomotivy spotřebovaná pára nakonec využita k vytvoření tahu vzduchu v topeništi, vychází z jejího komína vždy směs páry a spalin z topeniště.*



Lokomotiva č. 4 švýcarské horské dráhy Furka-Oberalp-Bahn je dnes využívána výhradně pro nostalgické jízdy ([www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com), ID: 99080861 – Martin Lehmann).





# Konstrukce parního kotle





## Konstrukce parního kotle

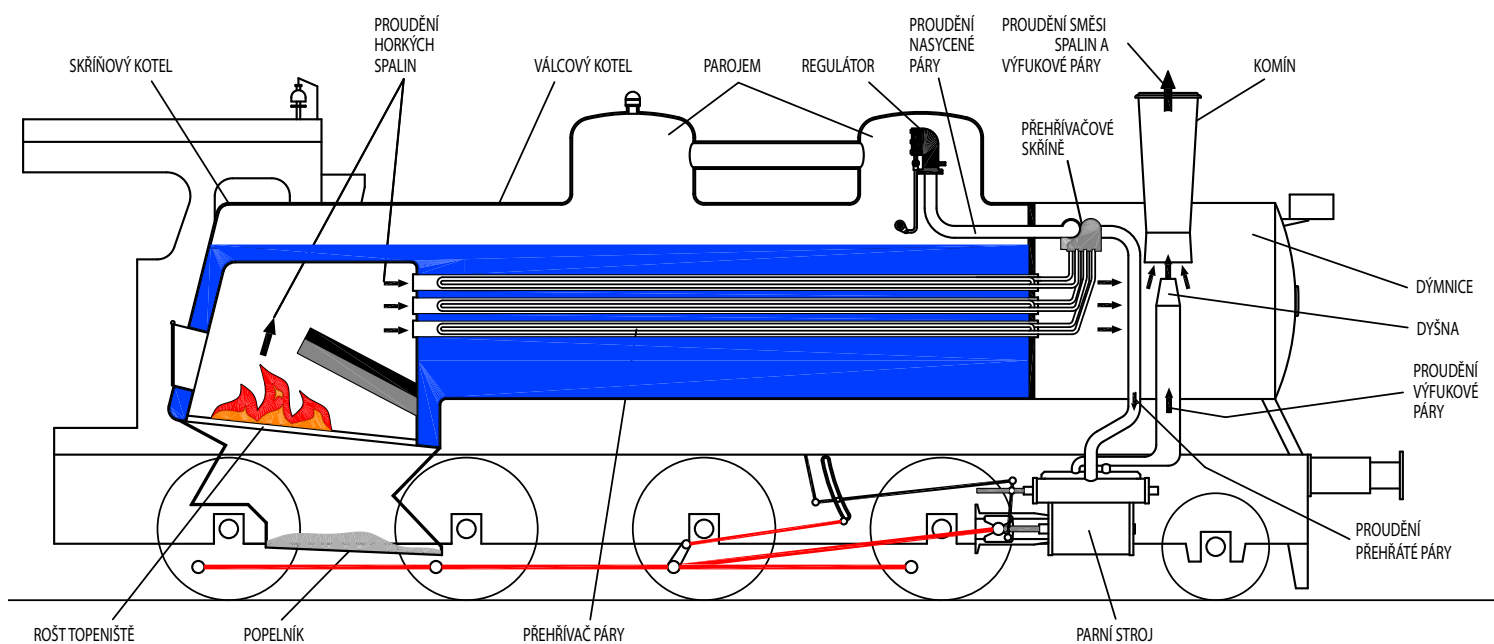
Kotel je bezesporu tou nejtypičtější částí parní lokomotivy. Má dvě základní funkce. Musí umožnit spálení paliva a pomocí vzniklého tepla vyrobit z vody páru potřebnou k pohonu parního stroje. Od samého prvopočátku lokomotivní stavby musely být kotle konstruovány tak, aby vyhovovaly jak omezeným prostorovým možnostem (délka a výška lokomotivy), tak i váhovým limitům (nápravový tlak). Proto se velmi záhy utvořila zcela specifická konstrukce, v rámci které se kotel parní lokomotivy dále dělí na tři části – na skříňový kotel, válcový kotel a dýmnici. Skříňový kotel je vlastně zadní částí celé soustavy a zasahuje do strojvůdcovské budky. Válcový kotel nese žárové a kouřové trubky (s přehřívačovými články) a dýmnice je volným prostorem pod komínem lokomotivy, který již není zaplněn vodou a obsahuje dyšnu. Mezi jednotlivé části kotle jsou vloženy dělicí plechy, které se nazývají trubkovnice.

Lokomotivní kotel disponuje přímou a nepřímou výhřevnou plochou. Přímá výhřevná plocha je ta, kde dochází k ohřevu vody přímým účinkem tepla z plamene v topeništi. Tvoří ji tedy stěny topeniště, což jsou dveřnice, zadní trubkovnice, strop a dvě postranice. U nepřímé výhřevné plochy pak dochází k ohřevu vody teplem od horkých spalin proudících z topeniště k lokomotivnímu komínu. Zde se jedná hlavně o stěny žárových a kouřových trubek ve válcovém kotli.

Tlak vody a páry v kotli je u starších lokomotiv po bývalých ČSD 10 až 13 barů (1,0 až 1,3 MPa), u nových strojů dosahuje 14 až 18 barů (1,4 až 1,8 MPa). Výjimečně byl i 20 barů (2,0 MPa – u řady 476.0).

### Skříňový kotel

Zasahuje svou zadní částí do prostoru strojvůdcovské budky. Jak název napovídá, skříňový kotel má v zásadě hranatý tvar, pouze v horní části je



Nákres lokomotivního kotle s přehřívačem páry