Závěrka fotoaparátu

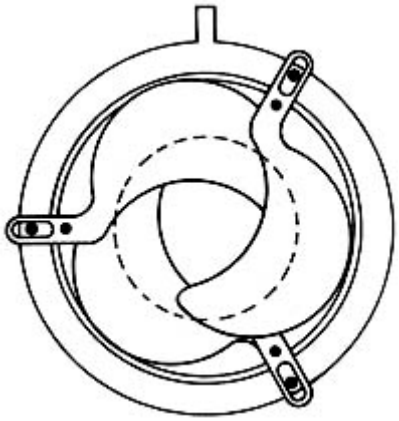
Závěrka fotoaparátu je zařízení, které umožňuje světlu dopadat na citlivou vrstvu filmu nebo na CCD při stisknutí spouště fotoaparátu. Doba otevření závěrky je dána dobou expozice, kterou volí fotograf. Závěrka tak spolu se clonou ovlivňuje množství světla, které dopadá na film nebo na CCD. Čím delší doba otevření závěrky, tím více světla na citlivou vrstvu zaznamenávající fotografovaný obraz dopadá.

Prodloužíme-li tedy dobu otevření závěrky dvakrát, dopadne na film nebo na CCD dvakrát více světla.

V praxi se používají dva druhy závěrek - centrální závěrka a štěrbinová závěrka.

Centrální závěrka je instalována do přístrojů, jejichž objektivy nelze vyměňovat. Jedná se tedy většinou o jednodušší typy fotoaparátů (o kompaktní fotoaparáty). Tento typ závěrky je zabudován přímo do objektivu mezi jeho čočky a je tvořen překrývajícími se lamelami, které se na určený čas otevřou a umožní tím osvětlení filmu nebo CCD. S centrální závěrkou je možné většinou realizovat doby expozice do $\frac{1}{750}\,s$ a synchronizační doby s bleskem jsou až do $\frac{1}{500}\,s$.

Tento typ závěrky je konstruován z lamel (viz obr. 187). Objektiv je tak uzavřen třemi až sedmi kovovými lamelami zavěšenými na vodícím kovovém prstenci. Lamely se spolu se stiskem spouště rozevřou na potřebnou dobu tak, že vytvoří kolem optické osy objektivu otvor ve tvaru pravidelného mnohoúhelníku. Tento způsob řešení závěrky se podílí na lepší kvalitě zobrazení detailů snímaného obrazu (zejména na okrajích snímku, odrazů na vodní hladině, ...). Centrální lamelovou závěrku je nutno před exponováním snímku natáhnout, což je u většiny fotoaparátů na film realizováno automaticky současně s posuvem filmu. U starších typů fotoaparátu bylo nutné závěrku natahovat manuálně.



Obr. 187

Štěrbinová závěrka se používá u fotoaparátů s výměnnými objektivy (např. DSLR), proto je umístěna velmi těsně před rovinou filmu nebo CCD, tedy mezi objektiv a stínítko tak, aby chránila film nebo CCD před světlem a prachem při výměně objektivů fotoaparátu. Závěrka je tedy umístěna téměř v ohniskové rovině objektivu.

Fotografujeme-li objekty normálním objektivem (tj. objektiv s ohniskovou vzdáleností 50 mm) ze vzdálenosti 2 metry a více, vzniká obraz vytvořený objektivem téměř v jeho ohnisku. Proto můžeme tvrdit, že je závěrka, která je umístěná těsně před rovinou filmu nebo CCD, umístěná téměř v ohniskové rovině objektivu.

Řízení závěrky je řešeno:

1. mechanicky - tento způsob realizace závěrky se u moderních fotoaparátů už nepoužívá. Na vysvětlení základního principu činnosti závěrky je ale nejnázornější,

a proto bude dále vysvětlen princip právě na mechanické závěrce.

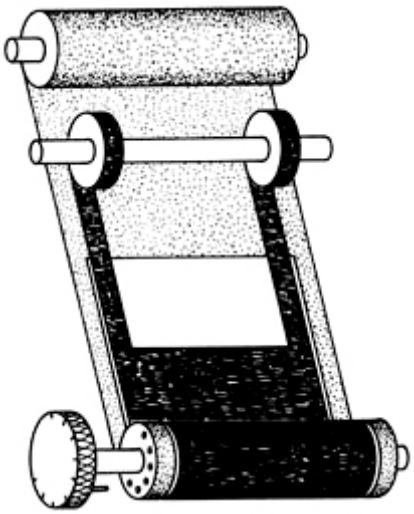
2. elektromechanicky - elektromechanická závěrka umožňuje realizovat oproti elektronické závěrce alespoň jednu expoziční dobu bez napájení.
3. elektronicky - tento typ závěrek se používá u digitálních fotoaparátů. Data ze snímače CCD se odečítají pouze po určitou dobu. Ve fotoaparátu není tedy tento typ závěrky tvořen žádným dodatečným zařízením (jako u ostatních typů závěrky), ale jedná se pouze o technologii. Její nespornou výhodou je nízká cena a možnost dosahovat extrémně krátkých dob expozice, které jsou pomocí mechanické závěrky nedosažitelné. Tento typ závěrek je také výrazně přesnější, než nejlepší mechanické závěrky.

Elektronická závěrka tedy „odkrývá“ snímač pouze na velmi krátkou dobu. Mimo tuto dobu je snímač „slepý“ a žádná data nezaznamenává.

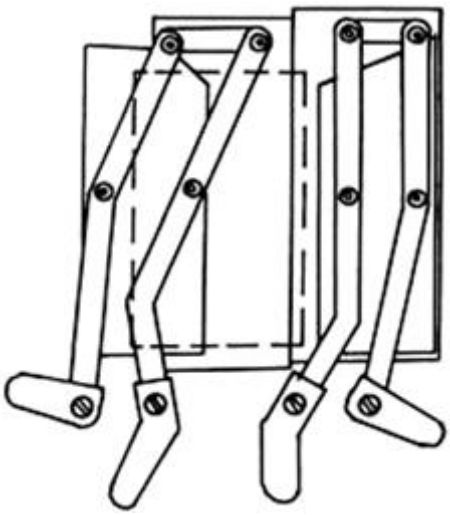
Většina fotoaparátů je vybavena kombinací mechanické závěrky (používá se pro delší a střední doby expozice) a elektronické závěrky (používá se pro krátké a velmi krátké doby expozice).

V minulosti se používaly plátěné závěrky složené ze dvou pásů z černého pogumovaného textilu, které byly před exponováním snímku navinuty na společném válečku (viz obr. 188). Po stisknutí spouště se pásy rychle převinuly na své navíjecí pásy, ale nikoli oba současně. Mezi jejich pohybem byl jistý časový rozdíl, a tak výřezy v pásech vytvořily štěrbinu propouštějící světlo. Odtud má závěrka i své pojmenování. Tyto závěrky byly s horizontálním posunem.

Z plátěné závěrky se vyvinula kovová konstrukce, v níž je plátno nahrazeno kovovými lamelami. Ty jsou ovládány mechanismem založenými na principu páky (viz obr. 189) a vyrábějí se z lehkých kovových slitin hliníku nebo speciálních kompozitních materiálů vyztužených např. uhlíkovými vlákny. V současné době se používají tedy kovové závěrky s vertikálním posunem.



Obr. 188

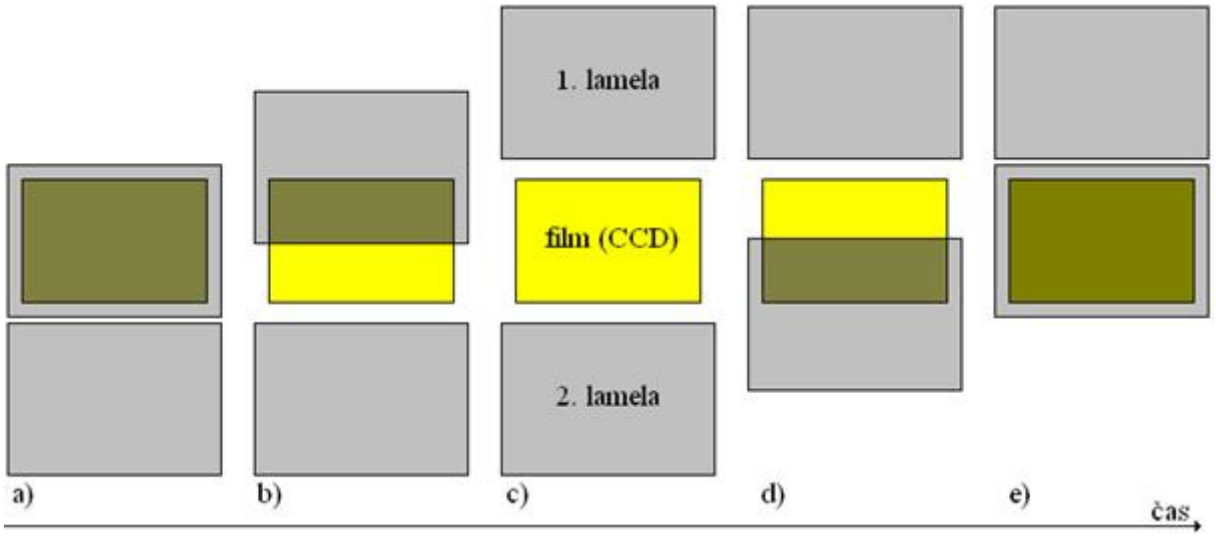


Obr. 189

Při exponování filmu tak první závěrka odkrývá film resp. CCD, zatímco druhá závěrka jej zase zakrývá. Doba, po kterou zůstane citlivá vrstva odkrytá (tj. doba expozice snímku), je dána časovým zpožděním pohybu druhé závěrky za první. Rovnoměrnost expozice citlivé vrstvy je pak dána tím, zda se obě závěrky pohybují stejně velkou rychlostí. Na obr. 190 je schématicky zobrazen princip pohybu lamel při nastavení dlouhé expozice; ve skutečnosti je pohyb lamel složitější. Schématický obrázek nyní vysvětlíme:

1. citlivá vrstva filmu (resp. CCD) je zakryta jednou lamelou (obr. 190a);
2. první lamela se začíná pohybovat a odkrývá postupně citlivou vrstvu, na kterou se exponuje fotografovaný snímek (obr. 190b);
3. citlivá vrstva je odkryta (obr. 190c);
4. druhá lamela se pohybuje před citlivou vrstvu a postupně jí zakrývá (obr. 190d);

5. citlivá vrstva je zakryta a světlo na ní už nedopadá (obr. 190e).



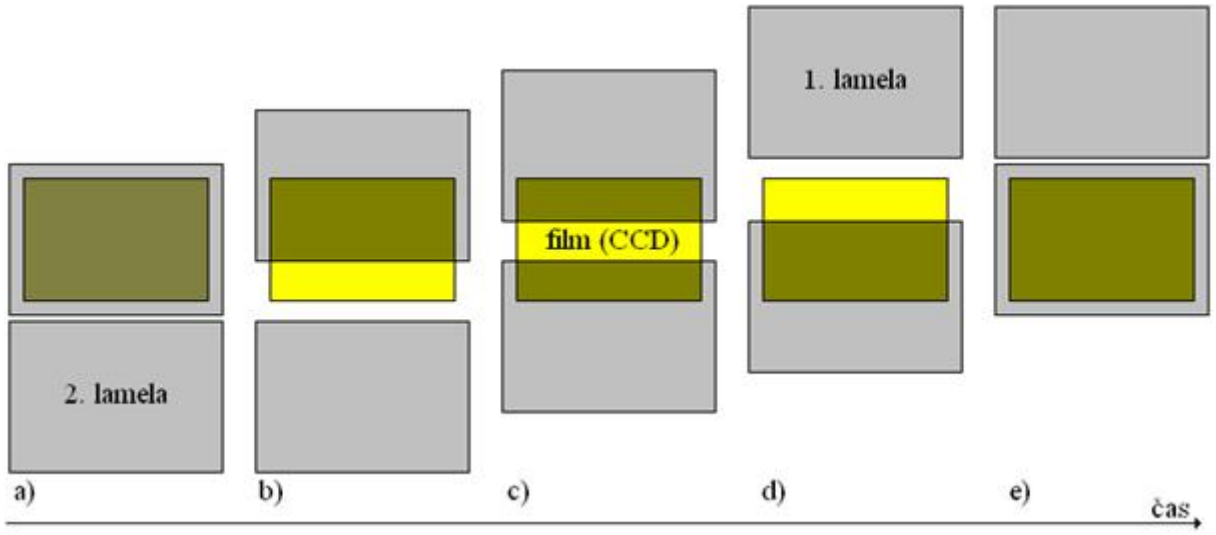
Obr. 190

Na obr. 191 je schématicky zobrazen princip pohybu lamel při krátké době expozice:

1. citlivá vrstva filmu resp. CCD je zakrytá (obr. 191a);
2. první lamela se začíná pohybovat a částečně odkrývá citlivou vrstvu (obr. 191b);
3. dříve než první lamela okryje celý snímek, začíná se pohybovat i druhá lamela a mezi oběma lamelami vzniká štěrbina, kterou dopadá světlo na citlivou vrstvu filmu (obr. 191c);

Proto se tento druh závěrky nazývá štěrbinová závěrka.

4. štěrbina se postupně posouvá a světlo tak postupně dopadá na celou plochu citlivé vrstvy (obr. 191d);
5. citlivá vrstva je zakrytá druhou lamelou (obr. 191e).



Obr. 191

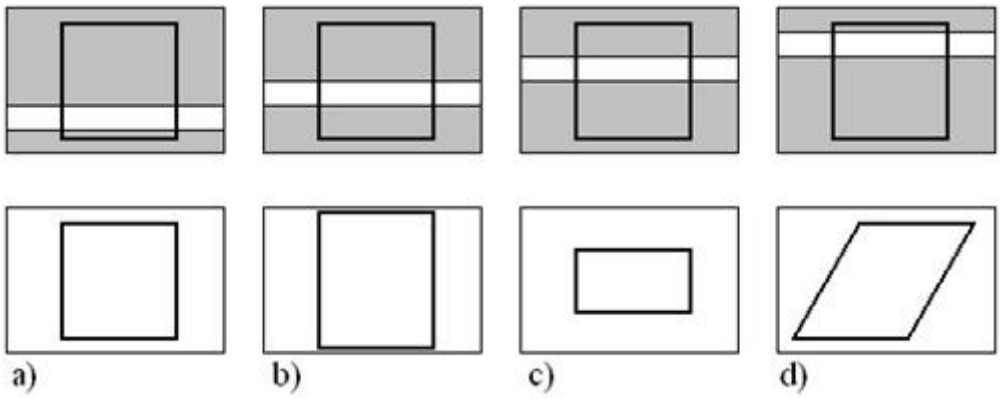
Dva systémy lamel se používají proto, aby byl film resp. CCD osvětlen rovnoměrně. Pokud by byla závěrka tvořena pouze jedním systémem lamel, osvětlení citlivé vrstvy by bylo nerovnoměrné: na straně více vzdálené od navinuté závěrky by na citlivou vrstvu dopadlo více světla, než na stranu bližší. Při použití štěrbinové závěrky tedy není celá plocha odpovídající jednomu snímku osvětlována v jeden jediný okamžik, ale postupně (viz obr. 191). V důsledku toho mohou být pořízené fotografie deformované v případě, že fotografujeme rychle se pohybující předměty. Různé typy deformací

obrazu vznikající v důsledku rychlého pohybu fotografovaného předmětu jsou zobrazeny na obr. 192. Na tomto obrázku je v jeho horní části zobrazen princip činnosti štěrbinové závěrky (tj. štěrbina se pohybuje zdola nahoru) při fotografování předmětu ve tvaru čtverce, v dolní části obrázku jsou pak zobrazeny různé typy deformace:

1. obraz předmětu je bez deformace (obr. 192a);
2. obraz předmětu je prodloužen (obr. 192b) - předmět se pohybuje ve směru pohybu štěrbiny závěrky;
3. obraz předmětu je zkrácen (obr. 192c) - předmět se pohybuje proti směru pohybu závěrky;
4. obraz předmětu je nakloněn (obr. 192d) - předmět se pohybuje kolmo na směr pohybu závěrky.

Tyto efekty nastávají při relativně velkých rychlostech pohybu fotografovaných předmětů - závodní automobily, blesky, ... Deformaci snímaného předmětu lze předejít tak, že během expozice budeme fotoaparátem pohybovat ve směru pohybu snímaného předmětu. Pokud bude velikost rychlosti pohybu fotoaparátu stejná jako velikost rychlosti pohybu snímaného předmětu vzhledem k pozadí, bude předmět zobrazen ostře a bez uvedených deformací. Popsané deformace se ale projeví na pozadí snímaného předmětu.

Budeme-li fotografovat rychle se pohybující automobil a budeme-li fotoaparátem pohybovat stejně velkou rychlostí, jakou se pohybuje automobil, bude automobil vzhledem k fotoaparátu v klidu. Deformace obrazu automobilu tedy nenastane. Ale vzhledem k fotoaparátu se v tomto případě bude pohybovat pozadí (budovy, stromy, ...) - a proto budou deformované tyto předměty v pozadí snímku.



Obr. 192

Podle způsobu pohybu lamel se štěrbinové závěrky rozdělují na dva typy - na horizontální závěrky a vertikální závěrky.

Horizontální závěrky jsou takové, které se pohybují po delší straně obrazového pole. Jedná se o starší typ konstrukce. Horizontální závěrky umožňují synchronizaci blesku jen při poměrně dlouhých časech - přibližně $\frac{1}{30}\,s$ a nabízejí zpravidla jen doby expozice do $\frac{1}{1000}\,s$. V praxi mají menší životnost a jsou citlivé na změnu teplotu.

Vlivem změny teploty nastává délková roztažnost.

Vertikální závěrky se pohybují podél kratší strany obrazového pole. V současnosti jsou tvořeny výhradně kovovými lamelami s možností synchronizace blesku při časech $\frac{1}{125}\,s$ a menších a jejich nejkratší doba expozice je v současné době přibližně $\frac{1}{12000}\,s$. Na rozdíl od horizontálních

závěrek mají delší životnost, ale při extrémně nízkých teplotách mohou být méně přesné.

Musíme si uvědomit (zejména při fotografování rychle se pohybujících předmětů), že nastavená expoziční doba neznamená, že přesně tuto dobu trvá expozice snímku. Každý bod citlivé vrstvy filmu nebo CCD je exponován nastavenou dobu, ale od začátku expozice první části citlivé vrstvy po konec expozice poslední osvětlované části této vrstvy uplyne doba delší. Závěrka totiž potřebuje ke svému pohybu od jednoho konce snímku ke druhému určitý čas. Skutečná doba expozice (od začátku exponování první části do konce exponování poslední části) tak typicky bývá shodná se synchronizační dobou závěrky.

Použijeme-li tedy např. u zrcadlovky s nejkratší synchronizační dobou $\frac{1}{125}\,\mathrm{s}$ expoziční dobu např. $\frac{1}{2000}\,\mathrm{s}$, bude každá část citlivé vrstvy exponována po dobu $\frac{1}{2000}\,\mathrm{s}$, ale celková expozice snímku (od otevření „první“ štěrbiny až po zavření „poslední“ štěrbiny) bude trvat minimálně $\frac{1}{125}\,\mathrm{s}$.

Tyto skutečnosti pak způsobují již výše zmíněné a na obr. 192 zobrazené deformace snímaného obrazu.

Pohybuje-li se např. osobní automobil rychlostí o velikosti $126\,\mathrm{km.h^{-1}} = 35\,\mathrm{m.s^{-1}}$, urazí každou sekundu 35 metrů. Tento automobil jedoucí zleva doprava budeme fotografovat horizontálně s vertikální závěrkou tak, že automobil vyplní celé políčko filmu. Bude-li expoziční doba nastavena na $\frac{1}{125}\,\mathrm{s}$, urazí za tuto dobu automobil dráhu $\frac{35}{125}\,\mathrm{m} = 0,28\,\mathrm{m}$. To znamená, že od okamžiku, kdy se snímá přední kolo automobilu, do okamžiku, kdy štěrbina závěrky ukončí expozici, urazí automobil vzdálenost 28 cm. Střecha automobilu bude tedy na fotografii o 28 cm více vpředu, než kola automobilu. Proto bude automobil na fotografii vypadat, jako by byl „předkloněn“.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.